Biologische Arbeit

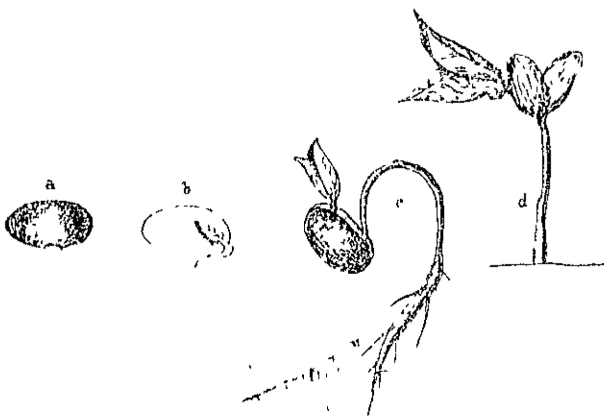
Heft 16

Der chemische Betrieb in der Pflanze

Von

Maximilian Wagner

Mit 29 Abbildungen



erlag Theodor Fisher Freiburg i/Br

Der chemische Betrieb in der Pflanze.

125 Anweisungen für reifere Schüler zur Untersuchung des pflanzlichen Stoffwechsels und der dabei entstehenden chemischen Erzeugnisse.

Von Oberlehrer **Maximilian Wagner**, Weimar.

Mit 29 Abbildungen.

(Biologische Arbeit Heft 10.)

Verlag von Theodor Fisher in Freiburg im Breisgau 1922

Inhaltsübersicht.

		Seite	Arbeit
Einleitung:	Das Stoffgebiet unserer Untersuchungen	4	
I.	Bau und Ausstattung der chemischen Arbeitsstätten in der Pflanze	4	1—3
II.	Aus welchen chemischen Grundstoffen bauen sich die Bestandteile einer Pflanze auf?	7	4—20
III.	Befriedigung des pflanzlichen Stoffbedürfnisses durch eine künstliche Nährlösung. — Die 10 Kernnährstoffe	12	21
IV.	Stärke als Stoffwechselprodukt und Reservestoff	14	22—23
V.	Inulin als Reservestoff	16	24—25
VI.	Rohr-, Trauben-, Frucht- und Malzzucker	16	26—29
VII.	Die pflanzlichen Eiweißstoffe (Albumin, Legumin, Kleber und Konglutin)	19	30—35
VIII.	Die pflanzlichen Fette	22	36—40
IX.	Samen und Keimung	24	
	1. Samenruhe und Umbildung der Reservestoffe bei der Keimung im allgemeinen	24	
	2. Bau- und Reservestoffe der Samen zweikeimblättriger Pflanzen im besonderen (Gemüsebohne und andere Hülsenfrüchte)	25	41—45
	3. Bau- und Reservestoffe der Samen einkeimblättriger Pflanzen im besonderen (Weizen und andere Getreidekörner)	27	46—53
	4. Quellungsversuche mit Erbsen-, Lupinen-, Lein- und Bohnensamen	30	54—59
	5. Stoffwechselvorgänge in keimenden Getreidekörnern. — Gerstenmalz in der Bierbrauerei und Spiritusbrennerei	31	60—61
X.	Die Atmung der Pflanzen	33	62—64
XI.	Die Neubildung von Baustoffen durch Assimilation	35	
	1. Wesen der Assimilation und Stärke als Endprodukt derselben	35	
	2. Hungerkultur in kohlensäurefreier Luft	37	65

	Seite	Arbeit
3. Sauerstoffausscheidung bei der Assimilation	37	66—67
4. Das Blattgrün (Chlorophyll) und seine Bedeutung für die Assimilation	38	
a) Mikroskopische Untersuchung der Blattgrünkörner	38	68—69
b) Die Blattgrünkörner als Entstehungsorte der Stärke	40	70
c) Nur grüne Pflanzenteile erzeugen Stärke	40	71
d) Das Blattgrün assimiliert nur im Lichte	40	72—74
e) Darstellung, Eigenschaften und chemische Zusammensetzung einer Blattgrünlösung	41	75—80
f) Verdeckung des Blattgrüns in roten Laubblättern	43	81
g) Schutzmittel gegen Zerstörung des Blattgrüns durch zu grelles Licht und das verschiedene Lichtbedürfnis der Pflanzen	43	82
XII. Gelbe, rote und blaue Farbstoffe in Blättern, Blüten und Früchten. — Herbstfärbung des Laubes	45	
XIII. Die aufsteigende Saftbewegung in der Pflanze	46	
1. Notwendigkeit des Wassers für die Nährsalzzufuhr und die Assimilation	46	
2. Die Wasserleitungsbahnen (Gefäßbündel)	46	83—86
3. Aufstieg einer Farblösung in der Pflanze	47	87—88
4. Nichtbeteiligung der Rinde an der Wasserleitung	48	89
5. Beweglichkeit des Wassers im Holze	48	90—91
6. Die Ursachen der Saftbewegung	48	
a) Die chemische Arbeitsleistung der Wurzeln	49	92—93
b) Der Wurzel- oder Blutungsdruck	49	94—96
c) Die Osmose	50	97
d) Die Verdunstung (Transpiration)	51	98—99
e) Die Spaltöffnungen als Verdunstungsapparate	52	100—102
XIV. Die Stickstoffversorgung der Pflanze	54	
1. Bedeutung des Stickstoffes für das Leben der Pflanze	54	
2. Nichtverwertung des Luftstickstoffes	54	
3. Ausnutzung stickstoffhaltiger Bodensalze	54	103—104
4. Mittelbare Verwendung des Luftstickstoffes seitens der Schmetterlingsblütler durch Lebensgemeinschaft mit Wurzelbakterien	55	105
XV. Nebenprodukte des Stoffwechsels	56	
1. Wachsüberzug auf Blättern und Wachs im Blütenstaub	57	106
2. Nektar (honiggebender Blütensaft)	57	107—108
3. Flüchtige (ätherische) Öle als Ursache der Pflanzendüfte	58	109—117
4. Terpentin und Harze	61	118—120
5. Gummi und Pflanzenschleime	62	121—123
6. Milchsäfte	62	124—125
7. Pflanzengallerte in Fruchtsäften als Ursache der Gelee-Bildung	63	
8. Extraktiv- oder Auszugsstoffe	63	
a) Alkaloide oder Pflanzenbasen (Giftstoffe)	63	
b) Glykoside (Giftstoffe)	64	
c) Bitterstoffe	64	
d) Gerbstoffe	64	
e) Natürliche pflanzliche Farbmaterialien	64	

Arbeitsmittel.

I. Chemikalien und Ähnliches. (Eine fett gedruckte Zahl ist die Nummer derjenigen Arbeitsanweisung, in der Näheres über den betreffenden chemischen Stoff angegeben ist.) Beigefügte Ausrufezeichen mahnen zu vorsichtigem Umgang mit letzterem, und zwar bedeuten: !!! = giftig, !! = feuergefährlich, ! = Ätzung der Haut oder Beschädigung der Kleider und anderer Gegenstände leicht möglich. Die Chemikalien sind aus der Drogerie zu beziehen.

Alkohol (in der Form von Brennspiritus) !! — Ammoniakwasser (Salmiakgeist). — Ammoniummolybdatlösung. — Äther !! — Boraxkarminlösung (alkoholische). — Bleizuckerlösung (**35**) !!! — Benzin !! — Chlorkalium. — Chlorsaures Kali !!! — Chlorbarium. — Diphenylaminlösung (**103**). — Eisenchlorid ! — Essig. — Eosin (**87**) ! — Fehlingsche Lösung (**26**) !!! — Glyzerin. — Harz. — Jodtinktur ! oder Jodjodkalium ! — Kalilauge ! — Kaliumphosphat, saures. — Kalkwasser ! — Kalisalpeter. — Kalziumnitrat. — Kochsalz. — Kurkumapapier. — Kupfervitriol !!! — Lackmuspapier. — Leinöl. — Magnesiumsulfat. — Millonsches Reagenz (**50**). — Methylgrünlösung. — Natronkalk (**35**). — Natriumphosphatlösung. — Phenolphthaleinlösung (**93**). — Phlorogluzinlösung (**86**). — Rhodankaliumlösung (**19**). — Rohrzucker (Rübenzucker). — Salpetersäure !!! und ! — Salzsäure !!! und ! — Schwefelsäure !!! und ! — Silbernitratlösung (Höllenstein) ! — Terpentinöl !! — Weinsäure.

II. Pflanzen und Pflanzenteile. Ackerschachtelhalm. — Ahornblätter. — Akeleiblüten. — Apfel. — Apfelsine. — Aronstab. — Backpflaumen. — Balsamine. — Bergahornblätter (rote). — Birke. — Birne. — Birnbaumblätter. — Blutbuche. — Bohnenkerne. — Bohnenpflanze. — Buchweizenkerne. — Drehmoos. — Efeu. — Erbsen. (Samen und Pflanze.) — Erbsenmehl. — Erdbeeren (Früchte). — Eschenahorn (weißgescheckter). — Feige (Frucht). — Flieder (Strauch, Blüten). — Georginenknolle. — Gerstenkörner. — Gras. — Gurkenkerne. — Haselnußkerne. — Haselnußzweig (rotblättriger). — Haferkörner. — Holunderspross. — Hopfenblatt. — Hyazinthe. — Johannisbeere (Blatt der schwarzen) — Johanniskraut (durchlöchertes). — Kaiserkrone (Blüte). — Kapuzinerkresse. — Kiefernnadel. — Kartoffel (Pflanze, Knollen, Keim) — Kirschen (Früchte). — Kirschgummi. — Kohlblatt. — Kümmelkerne. — Kürbis (Pflanze, Kerne). — Leinsamen. — Linde. — Löwenzahn. — Lupine (Samen, Pflanze). — Mais (Körner, Pflanze) — Majoran. — Mandelkerne. — Narzisse. — Pfefferminze (Stengel). — Pfeifenkraut (Sproß). — Pelargonie. — Puffbohnen (Kerne, Pflanze). — Quittenkerne. — Raps (Pflanze, Samen) — Rittersporнblüten — Rosinen — Runkelrübe (am besten Zuckerrübe). — Rotbuchenblätter. — Sauerklee. — Schneebere (Frucht). — Schmetterlingsblütler (verschiedene Arten) — Schraubenalge. — Schöllkraut. — Schwarzwurz. — Schwertlilie. — Senfkeimlinge. — Sonnenblume, einjährige (Pflanze, Blüte) — Sonnenblumenknollen (von Topinambur). — Stiefmütterchen (Blüte). — Taubnessel, weiße (Blüte). — Taxus (Aststück). — Thymian. — Tulpe (Pflanze mit weißer Blüte). — Veilchen. — Wasserlinse. — Wasserpest — Wegerich — Weide (Baum oder Strauch). — Weizenkörner. — Wiesensalbei. — Wolfsmilch. — Wucherblume (viele Blüten).

III. Glasgeräte. Becherglas (kleines und großes). — Glasflasche — Glasglocke. — Glasröhren verschiedener Weite, zum Biegen. — Glasscheibe. — Glasstab. — Glastrichter. — Kochflasche. — Konservenglas. — Probiergläser. — Spinkelchglas. — Standzylinder (**21**).

IV. Mikroskop mit Objektträgern und Deckgläschen. (Zu empfehlen ist das „Schulmikroskop Stativ G H." von Leitz, Wetzlar).

V. Verschiedenes Bierhefe — 3 Blumentöpfe — Fließpapier (Filtrierpapier) — Gas- oder Spiritusbrenner. — Glimmerblättchen. — Gummischlauch (kurzes, aber weites Stück). — Kaffeemühle. — Kartoffelstärke. — Kerzenstummel — Klemmständer — Kobaltglasscheibe. — Korke. — Leinenbeutel (Kloßsäckchen). — Lupe. — Marmorplatte (poliert und etwa 8 cm Durchmesser) — Porzellanschale. — Reibeisen. — Roggenmehl — Sägespäne. — Schüssel. — Thermometer (dünn). — Tiegel — Trinkglas. — Wattebausch — Weinbergschnecken oder Gartenschnecken — Zigarrenasche

Einleitung: Das Stoffgebiet unserer Untersuchungen.

Das vorliegende Schriftchen mit seinen Versuchs- und Beobachtungsanweisungen will von den vielseitigen Äußerungen des Pflanzenlebens im wesentlichen diejenigen kennen lehren, die auf chemischen Vorgängen beruhen oder mit solchen in engem Zusammenhange stehen. Gerade dieses Gebiet kommt im botanischen Schulunterricht in der Regel viel zu kurz, obgleich es wichtiger ist als Formbeschreibung, systematische Einordnung und dergleichen. Dem erst geht das Verständnis für den Wunderbau und das Leben des Pflanzenkörpers in rechtem Maße auf, der die Bestandteile des letzteren als chemische Betriebsstätten zu erforschen sucht. Er lernt die Stoffe kennen, die sich ein Gewächs aus Luft, Wasser und Erde heranschafft, um sie durch mannigfaltige Umwandlung zum Aufbau seiner Organe zu verwenden und einen Überschuß von Nährstoffen zu erzeugen, der in den Samen, Stammgebilden und unterirdischen Nahrungsspeichern die Entwicklung neuer Sprosse zwecks Erhaltung der Art ermöglicht. Aber nicht nur ihre eigenen Bedürfnisse befriedigt die Pflanze durch geheimnisvolle Arbeit in ihren chemischen Laboratorien, sie bildet auch unzählige Stoffwechselprodukte, von denen der Mensch sich ernährt, medizinischen und technischen Gebrauch macht. Wo, woraus und wie all diese Erzeugnisse entstehen, wie sie aus den Bildungsstätten auswandern oder ausgeschieden werden, welche Bedeutung sie für das Leben der Pflanze haben, darüber wollen wir uns Aufschluß verschaffen.

I. Bau und Ausstattung der chemischen Arbeitsstätten in der Pflanze.

Ein wichtiges Hilfsmittel für unsere Untersuchungen ist das Mikroskop, über dessen Handhabung schon in Heft 2 und 3 [1]) der Sammlung „Biologische Arbeit" das Nötige gesagt ist. Der Pflanzenleib ist ja nicht (abgesehen von gewissen niederen Pflanzen, wie einzelligen Algen und Pilzen) eine einzige, ungeteilte Werkstatt, sondern jedes seiner Organe setzt sich aus Tausenden bis vielen Millionen Kämmerchen zusammen, in denen chemische Arbeit verrichtet wird. Wegen ihrer unendlichen Kleinheit können uns unsere Augen allein keinen Einblick in sie gewähren; erst das Mikroskop verschafft uns Kenntnis von Form und Inhalt dieser feinen Gebilde. Mit Hilfe des genannten Instruments offenbart sich uns, wie zum Beispiel die Abb. 22 und 23 zeigen, jedes Organ als ein zierliches Gewebe, feiner als irgendeines, das Menschenhand wirkte, und dieses Gewebe besteht aus einer Unzahl dicht aneinanderliegender oder durch lufthaltige Zwischenräume getrennter Bläschen, die in der Aufsicht mehr oder weniger kreisrund, oval, sechseckig, rechteckig, sternförmig, langgestreckt spindelförmig oder unregelmäßig ausgezackt erscheinen. Diese Bläschen führen den Namen Zellen. Da

[1]) M. Wagner, Biologische Untersuchungen an der Kartoffelpflanze.
„Biologische Arbeit", Heft 2: Ausgabe A (für ältere Volksschüler)
„ „ „ 3: „ B (für Schüler höherer Lehranstalten).

sich alle Pflanzenteile aus solchen aufbauen, kann man sie auch als die Grundorgane der Pflanze bezeichnen. In ihnen spielen sich alle die chemischen und mechanischen Vorgänge ab, die zur Erhaltung des Lebens und der Art beitragen.

1. Arbeit

Unterrichte dich über den Bau und Inhalt einer Pflanzenzelle auf folgende Weise: Mikroskopiere ein kleines, in einem Tropfen Jodtinktur ausgebreitetes und mit einem Deckgläschen belegtes Krümelchen aus dem Fruchtfleisch der Schneebeere. (Der betreffende Strauch ist in Gärten, Hecken, Anlagen und Parks häufig zu finden. Die weißen Beeren reifen im Herbst und können frisch oder nach beliebig langer Aufbewahrung in Spiritus untersucht werden.) Schon bei mäßiger Vergrößerung zeigt sich, daß jedes kleinste Teilchen des Fruchtfleisches eine Zelle, und zwar eine recht große ist (Abb. 1). Ihre Wand, ein dünnes Häutchen, umschließt ein vom Jod gelbbraun gefärbtes Netz von feinkörnigen Strängen, die den Innenraum nach allen Seiten hin durchziehen und an der Wand selbst einen ringsum verlaufenden Belag bilden. Du siehst dieses Netz bei verschiedener Einstellung des Mikroskops in wechselnder Form, und das ist ein Beweis dafür, daß die Zelle nicht ein flächenhaftes, sondern ein körperliches Gebilde ist. Die erwähnten Stränge sind eine glasartig helle, schleimige Masse und bestehen chemisch aus einem Gemisch verschiedener Eiweißstoffe, das gleich flüssigem Leim beweglich ist, und in dem noch winzige Körnchen von ungelöstem Eiweiß schwimmen. Diese Schleimmasse führt den Namen Protoplasma oder Plasma. Man weiß, daß von diesem alle Lebenserscheinungen ausgehen, und man ist daher berechtigt, es als den eigentlichen Lebensträger der Pflanze zu bezeichnen. In jugendlichen, lebenden Zellen erfüllt es den ganzen Innenraum; später zerteilt es sich in Stränge und Fäden, die mit einem wasserhellen Häutchen umgeben sind. Die so entstehenden plasmafreien Hohlräume (Vakuolen) füllen sich mit Zellsaft, d. i. Wasser, in dem Mineralstoffe, Zucker, organische Säuren, zuweilen auch blaue oder rote Farbstoffe gelöst sind. Mit zunehmendem Alter der Zelle vergrößern sich die Maschen und drängen das Protoplasma bis auf einen dünnen Wandbelag zurück. Tote Zellen, die keine chemische Arbeit mehr leisten, enthalten überhaupt kein Protoplasma mehr und sind mit Luft gefüllt (Holundermark, Holzzellen). Bei starker Vergrößerung findest du in dem Protoplasma der Schneebeerenzellen außer den kleinkörnigen Bestandteilen irgendwo zwischen den Fäden, wie einen Ball im Netz, ein rundliches Klümpchen aufgehängt: es ist der Zellkern mit dem von ihm umschlossenen Kernkörperchen. Er besteht aus phosphorhaltigem Eiweiß und spielt bei der chemischen Tätigkeit des Protoplasmas eine wichtige Rolle. Auch ist er der Wachstumsvermittler der Pflanze, da eine Vermehrung der Zellen ohne Teilung des Zellkerns nicht möglich ist. Meist liegt er in der Mitte der Zelle; bisweilen rückt er aber an solche Stellen der Zellwand,


Abb. 1. Einzelne Zelle aus einer Schneebeere.

wo ungewöhnliches Wachstum (Verdickung, Ausstülpung) vor sich geht. Der Zellkern besitzt die für die Erforschung des Pflanzengewebes und der Vorgänge bei seiner Teilung wichtige Eigenschaft, daß er gewisse Farbstoffe rasch und gierig in sich aufnimmt und festhält. Er kann daher durch künstliche Färbung auch in solchen Zellpräparaten deutlich erkennbar gemacht werden, in denen er sonst nicht sichtbar ist.

Außer der Schneebeere eignen sich zum Studium der einzelnen Zelle auch die durchsichtigen ein- oder mehrzelligen Haare an jungen Stengeln und Blättern (Kürbispflanze) sowie an Blütenteilen (aus der Kronenröhre der weißen Taubnessel und dem bärtigen Besatz am Schlunde des Stiefmütterchens). Auch Bierhefe und Blütenstaub sind geeignetes Material.

2. Arbeit.

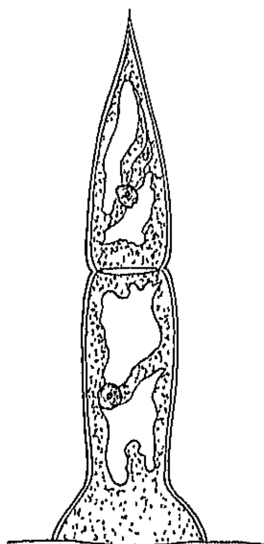


Abb. 2. Zweizelliges Haar vom jüngsten Blatt einer Kürbispflanze.

Entnimm einer Kürbispflanze das jüngste Blättchen, schneide ein schmales Streifchen von dem mit 1–2 mm langen Haaren besetzten Blattrand ab und betrachte es im Wassertropfen mikroskopisch unter Vergleichung mit Abb. 2. Jedes der glashellen Härchen sitzt mit einem breiteren Fußteil der Blattoberhaut auf und besteht aus 2–4 Zellen, deren aneinanderstoßende Wandteile schmal-elliptisch erscheinen. Das läßt auf die röhrige Gestalt der Einzelzellen schließen. Als Zellinhalt findest du das schleimige, von feinen Körnchen durchsetzte Protoplasma teils als wandständigen Belag, teils als Klümpchen und Stränge im Inneren. Der Zellkern mit dem Kernkörperchen hebt sich durch seine rundliche Form hervor. In jeder Zelle sind ferner mehrere protoplasmafreie Hohlräume (Vakuolen) sichtbar, die Zellsaft enthalten. Läßt du einen Tropfen Jodlösung vom Deckglasrande her zum Präparat fließen, so färben sich die Protoplasmamassen sowie der Zellkern gelblich, weil sie aus Eiweiß bestehen.

3. Arbeit.

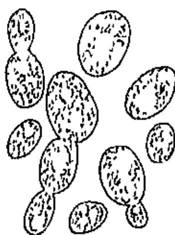
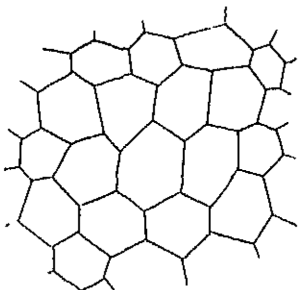


Abb. 3. Zellen der Bierhefe, zum Teil durch Sprossung zu Kolonien sich vermehrend.

Mikroskopiere ein Tröpfchen frische Bierhefe oder in einem Wassertropfen fein verteilte Preßhefe. Jedes der unendlich vielen ovalen Gebilde (Abb. 3) ist ein einzelliges Pflänzchen mit Zellwand, gekörneltem Protoplasma und einem mit Zellsaft gefüllten Bläschen (Vakuole). Ein Zellkern ist ebenfalls vorhanden, kann aber nur durch besondere Färbemittel sichtbar gemacht werden. Bei 500facher Vergrößerung erscheint eine Zelle etwa 2 mm groß; sie hat also eine Längenausdehnung von 0,004 mm. An vielen Zellen beobachtest du Ausstülpungen, die zu Tochterzellen werden. (Vermehrung durch Sprossung.)

Protoplasma, Zellkern und Zellsaft sind nicht der einzige Inhalt der Zellen. Wir werden im Laufe der Betrachtung noch eine große Anzahl von Einschlußstoffen kennen lernen, die beim Stoffwechsel entstehen. (Vgl. die Abschnitte IV—VIII, XI 4, XII und XV.)

Die Zellwand, ursprünglich ein aus Zellulose[1] (Zellfaserstoff) bestehendes, sehr dünnes Häutchen, kann durch die Tätigkeit des Protoplasmas in die Länge wachsen und sich durch Anlagerung neuen Baustoffes von innen her schichtenweise verstärken. Von der Verdickung wird aber stets eine Anzahl von Wandstellen ausgenommen, und durch die dünn bleibenden Teile des Häutchens kann der Stoffaustausch mit den benachbarten Zellen stattfinden. Bei starker Wandverdickung erscheinen die davon frei bleibenden Teile als Kanäle (Tüpfel), von denen je zwei aneinander grenzender Zellen zusammenstoßen. Die Verdickung der Zellhaut kann sich aber auch so vollziehen, daß nur Leisten entstehen, die in Ring-, Spiral- oder Netzform in das Innere der Zelle vorspringen. Außer der Formveränderung durch Längs- und Dickenwachstum erfährt die Zellwand sehr häufig aber auch stoffliche Veränderungen: Durch Einlagerung von Suberin verkorkt und durch Einlagerung von Lignin verholzt sie. Kork, den wir zum Beispiel in der Rinde vieler Holzgewächse und in der Kartoffelschale (vgl. Abb. 6) finden, macht die Zellhaut geschmeidig und für Wasser undurchlässig, wirkt also verdunstungshemmend. Holzstoff verleiht dem Gewebe Festigkeit, ohne daß es seine Fähigkeit, Wasser durchzulassen, einbüßt; im Gegenteil, letzteres bewegt sich im Holz besonders leicht (vgl. die Arbeiten 90 und 91). Eine weitere Art der stofflichen Umwandlung ist die Verschleimung der Zellwand, wie sie zum Beispiel bei den Außenzellen der Lein- und Quittensamen eintritt (vgl. Arbeiten 122 und 123).


Abb. 4. Querschnitt durch Holundermark.

II. Aus welchen chemischen Grundstoffen bauen sich die Bestandteile einer Pflanze auf?

Die chemische Untersuchung der von der Pflanze gebildeten organischen Stoffe ergibt, daß in sämtlichen die drei Elemente Kohlenstoff C, Wasserstoff H und Sauerstoff O vorhanden sind. Dazu tritt bei vielen noch Stickstoff N. Diese vier Grundstoffe faßt man unter dem Namen Organogene zusammen, weil sie die wichtigsten Bausteine des Pflanzenkörpers sind. Neben ihnen spielen aber auch noch die Elemente Schwefel S und Phosphor P eine bedeutsame Rolle, da diese mit zu den wesentlichen Bestandteilen der in keiner Pflanze fehlenden eiweißartigen Stoffe gehören. Ent-

[1]) Aus fast reiner Zellulose bestehen die als Watte und Baumwolle in den Handel kommenden Samenhaare des Baumwollstrauches, die Flughaare unserer Korbblütler, der Waldrebe, des Weidenröschens und des Wollgrases, ferner Holundermark (Abb. 4) und Fließpapier.

hielte aber eine Pflanze nur die sechs genannten Elemente, so müßte sie in der Hitze vollständig verbrennen, ohne etwas zurückzulassen. (Als Verbrennungsprodukte entstünden dann nur gasförmige Verbindungen, wie Kohlensäure CO_2, Wasserdampf H_2O, Ammoniak NH_3, Schwefelwasserstoff H_2S, Schwefeldioxyd SO_2 usw.) Nun aber bleibt beim Verbrennen jedes Pflanzenteils noch ein fester Rückstand übrig, der sich nicht mit verflüchtigt. Es müssen daher außer den verbrennlichen (organischen) Verbindungen auch noch unverbrennliche (anorganische, mineralische) darin enthalten sein. Diese letzteren bilden die Asche.

Welche chemischen Grundstoffe am Aufbau der organischen und anorganischen Bestandteile einer Pflanze beteiligt sind, lehren folgende Untersuchungen:

4. Arbeit.

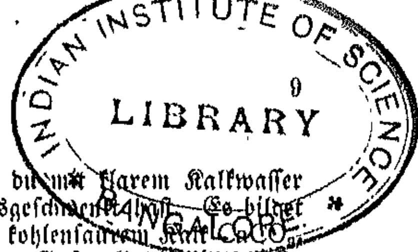
Stelle das Frischgewicht einer Hand voll Gras, eines Kohlblattes, einer rohen Kartoffel, eines Apfels und einer halben Tasse voll Bohnen fest und zerkleinere diese pflanzlichen Stoffe möglichst fein mit Hilfe der Schere bzw. des Messers, des Reibeisens und der Kaffeemühle. Trockne dann die Masse zunächst in der Sonne und dann auf der heißen Herd- oder Ofenplatte unter öfterem Wiegen so lange, bis keine Gewichtsabnahme mehr erfolgt. Das zuletzt festgestellte Gewicht heißt das Trockengewicht. Sein Unterschied vom Frischgewicht zeigt an, welche Menge Wasser (mit den Elementen Wasserstoff H und Sauerstoff O) in dem Pflanzenmaterial enthalten war. Sie beträgt zum Beispiel bei Gras 75–80 %, bei Wirsingkohl 87 %, bei Rotkraut 92 %, bei Blumenkohl 91 %, bei Spargel 94 %, bei Kohlrabi 85 %, bei Spinat 88 %, bei Kartoffeln 75 %, bei Äpfeln 85 %. Selbst Holz besitzt bis zu 50 % Wasser. Der Wassergehalt der Samen dagegen ist klein. Er beträgt zum Beispiel bei Bohnen nur etwa 14 % und bei Linsen rund 12 %.

5. Arbeit.

Zerreibe die eine oder andere der beim vorigen Versuch erhaltenen Trockenmasse möglichst fein und erhitze sie über einer offenen Flamme in einem Tiegel oder einer Porzellanschale so lange, bis keine Gase und Dämpfe mehr entweichen. – In der Hitze verbrennen die organischen Bestandteile, wie Zellfaserstoff, Stärke, Zucker, Eiweiß, Fett usw., wobei sie in einfachere gasförmige Verbindungen zersetzt werden. Letztere bestehen im wesentlichen aus Kohlensäure CO_2 und Wasserdampf H_2O, ferner, wenn stickstoffhaltige Körper (zum Beispiel Eiweiß) in der verbrennenden Masse enthalten sind, noch aus Ammoniak NH_3. Weise während des Verbrennens die flüchtigen Zersetzungsprodukte nach folgender Anleitung nach:

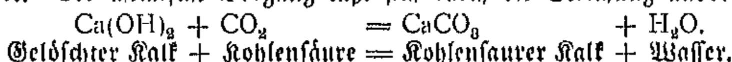
6. Arbeit.

Bedecke das Verbrennungsgefäß auf kurze Zeit mit einer gut abgetrockneten Glasplatte. Der entstehende feuchte Niederschlag ist Wasser, das sich bei der Zersetzung der Pflanzenmasse aus deren H- und O-Atomen gebildet hat.



7. Arbeit.

Stülpe über das Gefäß im Becherglas, das die mit klarem Kalkwasser [gelöschter Kalk = $Ca(OH)_2$ in Wasser gelöst] ausgeschwenkt ist. Es bildet sich an seiner Innenwand eine weiße Kruste von kohlensaurem Kalk $CaCO_3$, die darauf hinweist, daß sich unter den aufsteigenden Gasen Kohlensäure CO_2 befindet. Der chemische Vorgang läßt sich durch die Gleichung ausdrücken:

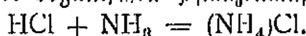


$$Ca(OH)_2 + CO_2 = CaCO_3 + H_2O.$$

Gelöschter Kalk + Kohlensäure = Kohlensaurer Kalk + Wasser.

8. Arbeit.

Halte in die aufsteigenden Dämpfe einen angefeuchteten Streifen gelbes Kurkumapapier und einen mit Salzsäure HCl benetzten Glasstab. Ersterer bräunt sich, und um letzteren bildet sich ein weißer Nebel von Salmiak oder Ammoniumchlorid $(NH_4)Cl$. Beide Erscheinungen deuten auf die Gegenwart von Ammoniak NH_3. Dessen Elemente (Stickstoff N und Wasserstoff H) stammen aus der organischen Pflanzenmasse:



$$HCl + NH_3 = (NH_4)Cl.$$

9. Arbeit.

Noch deutlicher treten die beschriebenen Wirkungen auf, wenn du der verbrennenden Masse die 5- bis 10-fache Menge Natronkalk (Arbeit 35) zufügst. Durch diesen wird das Ammoniak leicht ausgetrieben, was auch durch den stechenden Geruch (nach Pferdestall) festgestellt werden kann. Eiweißreiche Pflanzenteile, wie Hülsenfrüchte, enthalten viel Stickstoff, erzeugen daher beim Verbrennen auch viel Ammoniak.

Alle nicht verbrennlichen und daher nicht flüchtigen Stoffe, die beim Verbrennen von Pflanzenteilen übrigbleiben, sind anorganischer (mineralischer) Natur. Man faßt sie unter dem Namen Asche zusammen. Auf das Frischgewicht bezogen, beträgt der Aschengehalt bei Wirsingkohl 1,7 %, Spinat 2,1 %, Kopfsalat 1 %, Kartoffeln 1 %, Bohnenkernen 3,1 %, Äpfeln 0,5 %.

Durch chemische Analyse läßt sich feststellen, daß die Pflanzenaschen zur Hauptsache sich zusammensetzen aus den Oxyden Kali K_2O, Natron Na_2O, Kalk CaO, Magnesia MgO, Eisenoxyd Fe_2O_3, sämtlich zu Salzen verbunden mit Kohlen-, Kiesel-, Phosphor-, Schwefel- oder Salzsäure.

Es enthält die Asche von

	Kali %	Kalk %	Magnesia %	Phosphorsäure %	Schwefelsäure %	Kieselsäure %
Buchenholz	15	56	11	5	1	0,1
Weizenstroh	12	6	3	6	2	66
Weizenkörnern	30	3	10	46	2	2
Erbsenstroh	21	38	8	8	6	6
Erbsenkörnern	40	1	8	36	1	1
Wiesenheu	28	12	5	6	5	30
Kartoffelkraut	8	47	23	5	5	5
Kartoffelknollen	60	3	4	18	6	2
Tabakblättern	30	40	10	4	4	8

In der lebenden Pflanze sind die genannten anorganischen Stoffe oft in ganz anderer Form vorhanden als in der Asche. So machen in ihr Schwefel und Phosphor Bestandteile des Eiweißes, Magnesia einen Bestandteil des Chlorophylls oder Blattgrüns aus, während die Basen Kali, Natron und Kalk vielfach an Pflanzensäuren (zum Beispiel Oxalsäure, Weinsäure) gebunden sind, wie das Vorkommen von oxalsaurem Kalium (Kleesalz) im Sauerklee, Sauerampfer und Rhabarber, ferner von weinsaurem Kali (Weinstein) in unreifen Äpfeln, Vogel-, Johannis- und Stachelbeeren beweist. Bei der Verbrennung werden diese pflanzensauren Salze in kohlensaure Salze (kohlensaures Kali, kohlensaures Natron, kohlensauren Kalk usw.) umgewandelt. Daraus erklärt sich auch das als „Aufbrausen“ bezeichnete Entweichen von Kohlensäure, wenn man Asche mit irgendeiner Säure übergießt.

Zur Untersuchung der stofflichen Zusammensetzung von Asche, zum Beispiel von Zigarrenasche, emfiehlt sich folgendes Verfahren (10. bis 20. Arbeit):

10. Arbeit.

Übergieße etwa 5 g Zigarrenasche mit 25 ccm Wasser, füge einige Tropfen Salpetersäure bei (um gewisse Aschebestandteile löslich zu machen), rühre gut um, filtriere die Masse und verteile das Filtrat (das heißt die aus dem Filter ablaufende Flüssigkeit) auf drei Probiergläser.

11. Arbeit.

Träufele etwas von dem Ascheauszug in eine nicht leuchtende Gasflamme (Bunsenflamme, Gaskocher). Aus der Gelbfärbung derselben schließt der Chemiker auf Vorhandensein von Natrium Na. Dieser Grundstoff muß sich in der Asche befunden haben. (Parallelversuch mit einigen in die Flamme geworfenen Körnchen Kochsalz NaCl.)

12. Arbeit.

Das Gelb der Flamme bei dem vorigen Versuch ist allerdings nicht ganz rein, sondern mit Violett gemischt, weil in dem Ascheauszug neben dem Natrium auch Kalium enthalten ist, das an sich eine violette Färbung der Flamme hervorruft. Letztere kannst du sehr deutlich wahrnehmen, wenn du die Flamme, während einige Tropfen des Ascheauszugs darin verdampfen, durch eine Scheibe aus Kobaltglas (blau) betrachtest. Dieses Glas läßt wohl die violetten Lichtstrahlen durch, nicht aber die gelben und andere. (Parallelversuch mit einem Körnchen Kalisalpeter, Chlorkalium oder chlorsaurem Kali, das in die Flamme geworfen wird.)

13. Arbeit.

Versetze den Ascheauszug im ersten Probierglas mit konzentrierter Schwefelsäure H_2SO_4 und schichte dann etwas Spiritus darauf. Es entsteht ein weißer Niederschlag, der als schwefelsaurer Kalk $CaSO_4$ angesprochen werden muß, weil er sich im Lichte nicht verfärbt und sich in Ammoniakwasser nicht löst. Das Kalzium Ca des Niederschlags kann nur aus der Asche stammen. Der Zusatz von Spiritus oder Alkohol dient bei dem Versuche

dazu, der anfänglich entstehenden **Lösung** von schwefelsaurem Kalk Wasser zu entziehen, worauf sich der Kalk in fester Form ausscheidet.

14. Arbeit.

Gieße zu dem Ascheauszug im zweiten Probierglas etwas Silbernitratlösung $AgNO_3$. Es bildet sich ebenfalls sofort ein weißer, quarkiger Niederschlag, der sich aber im Lichte violett färbt wie photographisches Chlorsilber-Kopierpapier und sich in Ammoniakwasser (Salmiakgeist) löst. Er erweist sich dadurch als Chlorsilber $AgCl$, dessen **Chlor** Cl in der Asche vorhanden war.

15. Arbeit.

Füge zu dem Ascheauszug im dritten Probierglas Natriumphosphatlösung. Bei längerem Stehen bildet sich gleichfalls ein weißer Niederschlag, der vom Chemiker als magnesiumhaltig erkannt wird. Das **Magnesium** Mg stammt aus der Asche.

16. Arbeit.

Stelle nach der ersten auf Seite 10 gegebenen Anweisung nochmals einen Auszug von Zigarrenasche her, aber mit dem Unterschied, daß du statt der Salpetersäure einige Tropfen Salzsäure verwendest. Verteile das Filtrat wieder auf drei Probiergläser.

17. Arbeit.

Füge zu dem Ascheauszug im ersten Probierglas eine Lösung von Chlorbarium $BaCl_2$. Sofort fällt ein weißes Salz aus, das sich in Ammoniakwasser nicht löst. Es ist schwefelsaures Barium $BaSO_4$. Der darin enthaltene **Schwefel** S ist aus der Asche übergegangen.

18. Arbeit.

Der Ascheauszug im zweiten Probierglas soll zum Nachweis von **Phosphorsäure** dienen. Dampfe für diesen Zweck das Filtrat ein und gib zu dem festen Rückstand außer einigen Tropfen Salpetersäure noch reichlich 5%ige Ammoniummolybdatlösung[1]). Aus der Gelbfärbung der Flüssigkeit und dem beim Erwärmen entstehenden gelben Niederschlag schließt der Chemiker auf die Anwesenheit von Phosphorsäure. Sie entstammt der Asche. Eine reichliche Menge läßt sich auf die angegebene Weise in der Asche von Rizinussamen nachweisen.

19. Arbeit.

Versetze den Auszug im dritten Probierglas mit Rhodankaliumlösung und gib noch ein größere Menge Salzsäure bei. Rotfärbung der Flüssig-

[1]) Darstellung von Ammoniummolybdatlösung: Man löst unter Erwärmen 10 g kristallisiertes Ammoniummolybdatsalz $(NH_4)_2MoO_4$ in 60—70 ccm Wasser mit einem Zusatz von etwas Ammoniakwasser (Salmiakgeist), gießt die Lösung langsam in ebensoviel Salpetersäure, läßt längere Zeit stehen und filtriert. — Das seltene Element Molybdän Mo ist ein Schwermetall.

keit deutet auf Eisen Fe. Die gleiche Farbenerscheinung tritt ein, wenn du Rhodankaliumlösung in ein Glas Wasser gießest, dem einige Tropfen Eisenchlorid beigefügt sind.

Das Ergebnis der Arbeiten 4–19 läßt sich dahin zusammenfassen, daß wir folgende zehn Elemente in der Pflanze vorfinden: Kohlenstoff C, Wasserstoff H, Sauerstoff O, Stickstoff N, Kalium K, Kalzium Ca, Magnesium Mg, Schwefel S, Phosphor P und Eisen Fe. Diese chemischen Grundstoffe sind in allen höheren Gewächsen nachweisbar, woraus sich ihre hohe Bedeutung für das Pflanzenleben ergibt. Man nennt sie die zehn Kernnährstoffe.

Neben ihnen kommt nun freilich noch eine ganze Reihe anderer Elemente in den Pflanzen vor, zum Beispiel Natrium, Chlor (Vgl. die Arbeiten 11 und 14), Silizium, Jod, Brom, ja sogar die Metalle Aluminium (in der Form von essigsaurer Tonerde in den Weinbeeren und in verschiedenen Bärlappgewächsen), Zink (im Galmeiveilchen), Mangan (in der Fichtenholzasche) und Blei; aber diese sind keinesfalls ausschlaggebend für das kräftige Gedeihen der Pflanze, wenn auch zugegeben werden muß, daß sie sich in einzelnen Fällen als nützlich erweisen. Das gilt zum Beispiel von dem Element Silizium Si, das in Verbindung mit Sauerstoff O als unlösliche Kieselsäure SiO_2[1]) der Oberhaut mancher Gewächse eingelagert ist und diesen eine bedeutende Härte und Festigkeit verleiht. Die Asche von Roggenstroh besteht zur Hälfte aus Kieselsäure, und letztere ist auch die Ursache, daß der Rand der Blätter eines Roggenhalmes schneidend scharf ist. Der Ackerschachtelhalm wird wegen seines hohen Gehaltes an Kieselsäure als Scheuerkraut und als Poliermittel benutzt. Auch die Blätter der Tabakpflanze sind kieselsäurereich (vgl. den nächsten Versuch).

20. Arbeit.

Lege einen Flächenschnitt vom Deckblatt einer Zigarre, vom Stengel des Ackerschachtelhalms oder von einem Roggenhalm auf ein Glimmerblättchen (feuerfest), betupfe ihn mit konzentrierter Schwefelsäure und glühe das Präparat über einer Gas- oder Spiritusflamme aus. Dadurch werden alle organischen Bestandteile verflüchtigt und die mineralischen zersetzt bis auf die Kieselsäure, die als ein feines, maschenförmiges Skelett (Hauptteil des Zellwandgerüstes) übrigbleibt. Das Präparat eignet sich auch gut, mit einem Tropfen Wasser und mit einem Deckglas versehen, zur mikroskopischen Betrachtung.

III. Befriedigung des pflanzlichen Stoffbedürfnisses durch eine künstliche Nährlösung.

21. Arbeit.

Verschaffe dir ein Konservenglas, das 1–5 l Wasser faßt, oder einen Standzylinder (Abb. 5) von etwa 40 cm Höhe und 12 cm Durchmesser und fertige dazu einen 2 cm starken Holzdeckel an, der ringsum fingerbreit

[1]) Unlösliche Kieselsäure bildet den Hauptbestandteil der Mineralien aus der Familie der Quarze.

über den Rand des Gefäßes hinausragt. Bohre in die Mitte des Deckels ein 3 cm weites Loch und säge von ihm aus einen 2½ cm breiten, bis zum Umfang reichenden Streifen heraus. Das dabei abfallende Holzstück soll später als Schieber in der entstandenen Rinne eingesetzt werden. Nahe der Mittelöffnung kommt eine engere zweite Durchbohrung zur Aufnahme eines Stabes, der der zu kultivierenden Pflanze als Stütze dienen soll. Fülle das Gefäß mit reinem Leitungswasser oder besser mit filtriertem Regenwasser und verschließe es mit der Holzplatte, der durch einige von unten her in den Rand eingeschlagene Nägel eine feste Lage gegeben wird. In dem Gefäß soll nun eine Keimpflanze (zum Beispiel Pferdezahnmais, Stangenbohne, Puffbohne, Hafer, Buchweizen) weiterwachsen, die durch Einbettung des betreffenden Samens in feuchtes Fließpapier oder in Sägespäne herangezogen ist. Packe das Keimpflänzchen, wenn seine Wurzeln etwa 5–6 cm lang geworden sind, in einen feuchten Wattebausch und klemme es damit vorsichtig unter Verwendung des Schiebers so in die mittlere Durchbohrung des Holzdeckels, daß nur die Wurzel, nicht der Same selbst, in das Wasser eintaucht. Stelle das Kulturgefäß in eine Röhre aus weißer Pappe, um der zu starken Erwärmung der Flüssigkeit durch die Sonnenstrahlen sowie der Entwicklung von Algen vorzubeugen, stülpe über das Keimpflänzchen einige Zeit einen Glasbecher und bringe das Ganze vor ein Südfenster.

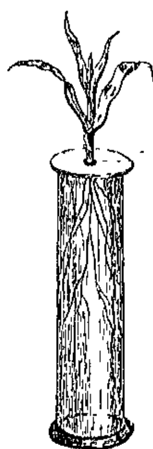


Abb. 5. Kultur von Mais in einer Nährstofflösung.

Wenn sich das Wurzelsystem genügend entwickelt hat, was in etwa einer Woche der Fall sein wird, erhält das Wasser einen Zusatz von gewissen, aus einer Drogerie zu beziehenden Salzen, die es zu einer Nährlösung machen. Für die Herstellung der letzteren gibt es verschiedene Rezepte. Empfehlenswert ist zum Beispiel folgendes:

Kalziumnitrat $Ca(NO_3)_2$	1,00 g	auf je 1 l Wasser H_2O
Chlorkalium KCl	0,25 g	
Magnesiumsulfat $MgSO_4$ . . .	0,25 g	
Saures Kaliumphosphat KH_2PO_4 .	0,25 g	
3 Tropfen Eisenchlorid $FeCl_3$		

Löse die angeführten Stoffe zunächst in wenig Wasser auf und rühre mit einem Glasstab in Zwischenzeiten von drei Tagen je ein Drittel der Lösung in das Wasser des Kulturgefäßes ein. Sorge immer für Ersatz des verdunsteten Wassers und ferner dafür, daß die Nährlösung stets schwach sauer reagiert (Probe mit blauem Lackmuspapier!). Ist letzteres nicht der Fall, so füge einige Tropfen verdünnte Salpetersäure oder Phosphorsäure hinzu. Rühre die Flüssigkeit öfter um und erneuere sie während des Sommers zwei bis dreimal. Werden all diese Arbeiten sorgfältig ausgeführt, so entwickelt sich die Pflanze ebenso normal, als wenn sie im Erdboden wüchse. Der Verfasser hat zum Beispiel auf diese Weise eine Stangenbohne gezogen, die die Höhe des Schulfensters einnahm und auch Blüten zeitigte.

Die nach dem angegebenen Rezept zusammengesetzte Nährstofflösung bietet der Pflanze folgende chemische Elemente als Aufbaumaterial:

Kalzium Ca, Kalium K, Magnesium Mg, Eisen Fe, Schwefel S, Phosphor P, Stickstoff N, Wasserstoff H, Sauerstoff O. Außerdem gewinnt die Pflanze Kohlenstoff C aus der Kohlensäure CO_2 der Luft. (Die Luft ist ferner eine zweite Quelle für den Sauerstoff.) Sämtliche angeführten zehn Elemente sind für das Gedeihen der höheren Gewächse unbedingt notwendig[1]). Man nennt sie daher die Kernnährstoffe. Wenn auch nur einer davon fehlt oder in nicht genügender Menge zu Gebote steht, so beeinträchtigt dies die Entwicklung der Pflanze. Das läßt sich auf die Weise feststellen, daß man bei Parallelversuchen die Keimpflanzen in Nährlösungen wachsen läßt, denen das eine oder andere Element dauernd fehlt. Wird zum Beispiel die schwefelsaure Magnesia durch Gips (schwefelsauren Kalk) ersetzt, so steht der Pflanze kein Magnesium zur Verfügung, und sie verkümmert bald. Eine auffällige Erscheinung tritt bei Abwesenheit von Eisen ein: Die Blätter werden nicht grün, sondern krankhaft gelb, weil die Bildung von Chlorophyll (Blattgrünkörpern) unterbleibt. Bei Eisenzusatz zur Nährlösung, zum Beispiel in der Form von Eisenchlorid, verschwindet die „Bleichsucht" wieder. Wie bei der Wasserkultur, so müssen auch die in der Erde wachsenden Pflanzen die zehn genannten Kernnährstoffe, und zwar in löslicher Form vorfinden, wenn sie normal gedeihen sollen. Bei mangelhafter Beschaffenheit des Bodens in dieser Beziehung hilft man durch geeignete Düngung nach.

IV. Stärke als Stoffwechselprodukt und Reservestoff.

Unter den organischen Stoffen, die von der Pflanze erzeugt werden, ist die Stärke allgemein verbreitet. Sie entsteht in den Blattgrünkörnern oder in besonderen farblosen Protoplasmaklümpchen (Stärkebildnern oder Leukoplasten) als Stoffwechselprodukt in den grünen Laubblättern unter Einfluß des Blattgrünfarbstoffs und des Sonnenlichtes aus der aufgenommenen Kohlensäure CO_2 der Luft und dem Wasser H_2O, das aus dem Boden in die Blattzellen gelangt. Mithin ist sie chemisch aus den Elementen Kohlenstoff C, Wasserstoff H und Sauerstoff O zusammengesetzt. In welchem Verhältnis diese Grundstoffe in der Stärke verbunden sind, zeigt die für sie geltende chemische Formel $C_6H_{10}O_5$ an.

Aus den Blättern wandert die Stärke als Baustoff in die neuangelegten Sproßteile und als Reservestoff in die Samen, Knollen, Erdstämme, wo sie für den Keimling bzw. die jungen Triebe als Nahrung in der ersten Zeit ihrer Entwicklung aufgespeichert wird. Wir finden sie in den Zellen all dieser Organe als feste, weiße Körperchen im Zellsafte schwimmen. Die Auffindung der Stärkekörner mit Hilfe des Mikroskops wird dadurch erleichtert, daß sie sich mit Jodlösung (in Form von alkoholischer Jodtinktur oder von Jodjodkaliumlösung) auffällig blauviolett färben. Aus reiner Stärke besteht das Kartoffelmehl; mit etwas Eiweiß vermischt bildet sie das Mehl der Getreidearten und Hülsenfrüchte. Da die Stärkekörner bei verschiedenen Pflanzen verschiedene Form, Größe und Schichtung aufweisen, läßt sich durch

[1]) Das in der Nährlösung noch vorhandene Chlor Cl ist ein für die Ernährung entbehrliches Element.

mikroskopische Betrachtung die Herkunft einer Mehlart feststellen. Auch Fälschungen können auf diese Weise aufgedeckt werden (Kartoffelzusatz im Brotmehl!).

Kartoffeln enthalten etwa 20 %, Roggenkörner 68 %, Reis 78 %, Gemüsebohnen 47 % Stärke.

22. Arbeit.

Mikroskopiere im Wassertropfen verteilte und mit einem Deckglas belegte Kartoffelstärke, die zum Beispiel bei der Bereitung von Klößen gewonnen wird. Das weiße, geschmack- und geruchlose Pulver erweist sich als eine Zusammensetzung aus einzelnen, das Licht stark brechenden Körnern (Abb. 6). Ihre Gestalt ist unregelmäßig länglich, im allgemeinen eiförmig bis muschelförmig; nur bei wenigen geht die abgerundete Form in eine drei- bis viereckige über. Die meisten Körner zeigen einen geschichteten Aufbau und zwar derart, daß sich um einen nahe am schmalen Ende (exzentrisch) liegenden sogenannten Bildungskern eine Anzahl dem Umriß nahezu parallel verlaufender schmaler Ringe herumzieht. Diese bestehen aus einer weniger dichten Masse als die benachbarten Schichten, brechen das Licht weniger und erscheinen deshalb dunkler als diese. Ihre wirkliche Größe, die sich mit der scheinbaren Länge und der Vergrößerungszahl des Mikroskops berechnen läßt, schwankt zwischen 0,02 und 0,12 mm; die mittleren messen 0,06-0,08 mm. Ab und zu treten auch zwei- oder dreifach zusammengesetzte Körner auf. Bei Zusatz von Jodlösung vom Deckglasrade her färbt sich die Stärke blauviolett.

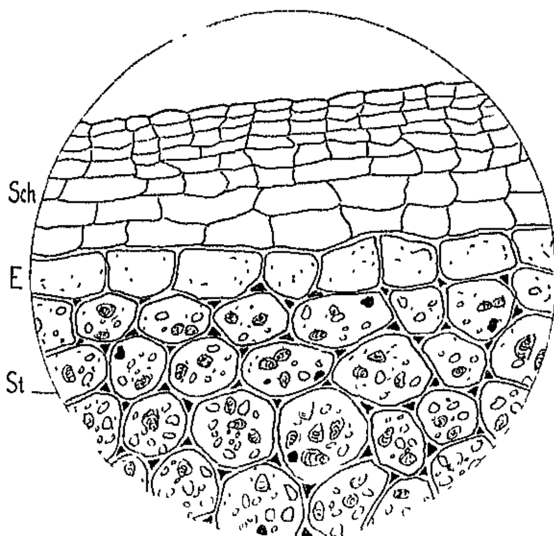


Abb. 6. Querschnitt aus einer Kartoffelknolle. Sch = Schale, E = Eiweißschicht, St = Stärkeschicht.

23. Arbeit.

Mikroskopiere ebenso Roggen- oder Weizenmehl (Abb. 7). Die Stärkekörner unterscheiden sich insofern von denen der Kartoffel, als sie in der Aufsicht zumeist kreisrunde, von der Seite gesehen linsenförmige Scheibchen bilden, deren Schichten alle um den in der Mitte liegenden Bildungskern herumlaufen (zentrische Schichtung).


Abb. 7. Stärkekörner eines Roggenkornes, zum Teil im Zerfall begriffen (Korrosion).

Die Stärkekörner des Haferkornes sind zumeist aus vielen (gelegentlich bis 300) drei- bis sechseckigen Einzel-

körnern zusammengesetzt, die wie die Platten eines Schildkrötenpanzers nebeneinander liegen. Ähnlich sieht die Stärke der Reiskörner aus. Die größten Stärkekörner weist der Erdstamm des ostindischen Blumenrohrs (Canna) auf. Sie messen bis 0,17 mm und sind schon einzeln mit bloßem Auge sichtbar.

V. Inulin als Reservestoff.

In den Wurzelknollen bzw. dem Erdstamm der meisten Korbblütler, namentlich der knolligen Sonnenblume (Topinambur), Georgine, Dahlie und des Alant, wird statt der Stärke ein stärkeähnlicher Reservestoff abgelagert, der den Namen Inulin $(C_6H_{10}O_5)x$ führt. In der lebenden Knolle ist er im Zellsaft gelöst; beim Einlegen von zerkleinerten Knollen in Alkohol schlägt er sich aber als feines, weißes Pulver nieder. Dieses ist wie die Stärke geruch- und geschmacklos, löst sich aber im Gegensatz zu ihr in heißem Wasser vollkommen auf und färbt sich mit Jod nicht blau, sondern bräunlich. Eine auffällige Eigenart des Inulins ist die, daß es sich bei längerem Verweilen in Alkohol zu kugeligen Kristallen (Sphärokristallen oder Sphäriten)[1] mit einer an ein Spinnennetz erinnernden Struktur formt.

24. Arbeit.

Zerreibe auf dem Reibeisen eine von den kartoffelgroßen Knollen der knolligen Sonnenblume und rühre die Masse in etwa die doppelte Menge heißen Wassers ein. Filtriere den Brei und trage einen Teil der ablaufenden Flüssigkeit in die drei- bis vierfache Menge Alkohol (Spiritus) ein. Beim Erkalten scheidet sich allmählich pulverförmiges Inulin ab.

25. Arbeit.

Lasse ein Stück einer Georginenknolle wenigstens 14 Tage in Alkohol liegen, stelle dann sehr zarte Längsschnittchen her und betrachte sie mikroskopisch im Wassertropfen, zu dem du langsam eine Spur Salpetersäure treten läßt. Du wirst an den Wänden der Markzellen große, farblose Gebilde in Kugel- oder Halbkugelform finden, die wie ein Spinnennetz in der Richtung der Radien gestreift und ringförmig um den Mittelpunkt herum geschichtet sind. Diese Körper sind die oben erwähnten Sphärokristalle von Inulin.

VI. Von den verschiedenen Zuckerarten.

1. Rohrzucker.

Die verschiedenen Zuckerarten sind mit Ausnahme des Milchzuckers Erzeugnisse des Pflanzenreiches. Die im Haushalt am meisten gebrauchte Form ist der Rohr- oder Rübenzucker. Die erstere Bezeichnung weist auf

[1]) Griechisch sphaira = Kugel.

seine Gewinnung aus dem saftigen Mark des in den Tropenländern angebauten Zuckerrohrs hin. Um die Mitte des vorigen Jahrhunderts stellte der deutsche Chemiker Markgraf in einer schlesischen Runkelrübensorte das Vorhandensein von 2–3 % einer Zuckerart fest, die dem kolonialen Rohrzucker nach Güte und chemischer Zusammensetzung ($C_{12}H_{22}O_{11}$) vollkommen gleich war. Nach jahrzehntelangen Kulturversuchen gelang es, eine Rübenart zu züchten, die 14–15 %, in Ausnahmefällen sogar 18 % ihres Gewichtes Zucker aufweist. Dadurch steigerte sich die deutsche Rübenzuckerproduktion in dem Maße, daß wir schon 1890 nicht nur den eigenen Bedarf damit decken, sondern zwei Drittel der jährlichen Erzeugung ausführen konnten. Außer in den genannten Pflanzen kommt der Rohrzucker als Reservestoff vor im Safte des Zuckerahorns, der Zuckerhirse, der Birke sowie neben Traubenzucker in den meisten süßen Früchten. Seine Kennzeichen sind folgende:

Er bildet eine weiße, körnig-kristallinische, stark süß schmeckende Masse, die sich leicht in Wasser, weniger leicht in Alkohol löst. Er ist an und für sich nicht gärungsfähig, geht aber leicht durch Einwirkung eines in der Hefe enthaltenen Ferments (vgl. S. 32) und durch Erhitzen mit anorganischen oder organischen Säuren unter Aufnahme von 1 Molekül Wasser in sogenannten Invertzucker über, der wie der Honig ein Gemisch von Traubenzucker und Fruchtzucker ist. Die Lösung des Invertzuckers ist gärungsfähig; auch vermag sie im Gegensatz zum Rohrzucker alkalische Kupfersulfatlösung zu zersetzen unter Bildung von rotem Kupferoxydul. Das Verhalten der verschiedenen Zuckerarten zu letzterer ist für den Chemiker ein wichtiges Bestimmungsmittel.

2. Traubenzucker.

Eine andere im Pflanzenreich sehr verbreitete Zuckerart ist der Traubenzucker. Dieser entsteht als erstes nachweisbares Assimilationsprodukt (vgl. S. 36) in den Blättern aus der Kohlensäure der Luft und dem aus der Erde emporgeleiteten Wasser. Er sammelt sich (neben Fruchtzucker) in besonders reichlicher Menge in den süßen Früchten, wie Weintrauben, Pflaumen, Kirschen, Birnen, Datteln, Feigen usw., an. Der weiße Beschlag auf gedörrten Pflaumen und auf Feigen sowie die süßen Krümelchen in den getrockneten Trauben (Rosinen) sind Traubenzucker. Auch findet er sich gelöst in dem als Nektar bezeichneten süßen Saft der Blüten.

Der Honig ist ein natürliches Gemisch von Trauben- und Fruchtzucker. Der Traubenzucker bildet ein schwer kristallisierbares Pulver, das sich in Wasser schwerer und langsamer löst als Rohrzucker; auch schmeckt er weniger süß als letzterer. Seine chemische Zusammensetzung wird durch die Formel $C_6H_{12}O_6 + H_2O$ ausgedrückt. Ein wichtiges Erkennungsmerkmal ist seine Fähigkeit, eine alkalische Kupfersulfatlösung unter Abscheidung von rotem Kupferoxydul Cu_2O zu zersetzen. Hefe vergärt ihn zu Alkohol und Kohlensäure. Er wird auch auf künstlichem Wege aus Kartoffelstärke durch Erhitzen mit verdünnter Schwefelsäure in Pulver- oder Hutform dargestellt und führt dann den Handelsnamen Stärkezucker oder Kartoffelzucker.

3. Fruchtzucker.

Neben Rohr- und Traubenzucker kommt in den süßen Früchten und im Honig Fruchtzucker $C_6H_{12}O_6$ vor. Er bildet eine farblose, schleimige, zerfließliche Masse, die beim Abdampfen nicht kristallinisch, sondern gestaltlos glasig wird. Der Fruchtzucker löst sich leicht in Wasser und verdünntem Alkohol; gegen alkalische Kupfersulfatlösung verhält er sich ebenso wie Traubenzucker.

4. Malzzucker.

In der keimenden Gerste entsteht aus dem Stärkemehl Malzzucker $C_{12}H_{22}O_{11} + H_2O$, der im Gärungsgewerbe durch Hefe zunächst in Traubenzucker verwandelt und als solcher in Alkohol und Kohlensäure zerlegt wird.

26. Arbeit.

Stelle das verschiedene Verhalten von Rohr- und Traubenzucker zu einer alkalischen Kupfersulfatlösung auf die Weise fest, daß du von beiden eine halbe Messerspitze voll in je einem Probierglas mit etwa 20 ccm Fehlingscher Lösung[1]) kochst. Aus dem tiefdunkelblauen Flüssigkeitsgemisch scheidet sich unter Einfluß des Traubenzuckers ein erst gelbes, dann orangefarbiges und zuletzt rotbraunes Pulver ab, das sich am Boden des Probierglases sammelt. Es ist Kupferoxydul, und man sagt: Der Traubenzucker reduziert die Fehlingsche Lösung. Der Rohrzucker ist dazu nicht fähig.

27. Arbeit.

Zerkleinere ein Stück Runkel- oder besser Zuckerrübe auf dem Reibeisen, vermenge den Brei mit zwei- bis dreimal so viel warmem Wasser und lasse einige Zeit ziehen, damit der Zucker in das Wasser übertritt. Erhitze dann etwa 20 ccm der filtrierten Flüssigkeit im Probierglas mit ebenso viel Fehlingscher Lösung. Letztere wird nicht reduziert; demnach handelt es sich in der Rübe um Rohrzucker.

28. Arbeit.

Ändere den vorigen Versuch in der Weise ab, daß du 20 ccm von dem wässerigen Rübenauszug zunächst mit 2–3 Tropfen Schwefelsäure oder mit einem erbsengroßen Kristall Weinsäure einige Minuten kochst. Füge dann zu der Flüssigkeit so viel Kali- oder Natronlauge, daß sich rotes Lackmuspapier darin gerade blau färbt (die Säure wird neutralisiert) und prüfe nunmehr wie bei den beiden vorigen Arbeiten mit Fehlingscher Lösung. Aus dieser scheidet sich jetzt rotes Kupferoxydul ab. Erklärung: Der Rohrzucker der Rübe ist durch Behandlung mit der anorganischen bzw. organischen

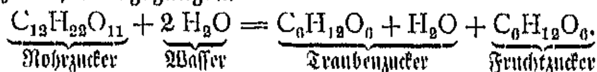
---

[1]) Die Fehlingsche Lösung, in der Drogerie erhältlich, besteht aus zwei Flüssigkeiten, die am besten ungemischt aufzubewahren und beim Gebrauch etwa in gleichen Teilen zu verwenden sind.

I. Flüssigkeit: In 100 ccm Wasser 4 g Kupfervitriol $CuSO_4$ (blau) gelöst.

II. Flüssigkeit: In 100 ccm Wasser 17 g Seignettesalz (Kaliumnatriumtartrat) + 5 g Natriumhydroxyd gelöst.

Säure unter Wasseraufnahme in Invertzucker, einer Mischung aus Trauben- und Fruchtzucker, übergegangen.



$$\underbrace{C_{12}H_{22}O_{11}}_{\text{Rohrzucker}} + \underbrace{2\,H_2O}_{\text{Wasser}} = \underbrace{C_6H_{12}O_6 + H_2O}_{\text{Traubenzucker}} + \underbrace{C_6H_{12}O_6}_{\text{Fruchtzucker}}.$$

29. Arbeit.

Koche zerkleinerte Stückchen von süßen Früchten (Erdbeeren, Kirschen, Birnen, Backpflaumen, Feigen, Rosinen usw.), ferner mit Nektar gefüllte Blumenteile (zum Beispiel Blütensporne vom Veilchen, Jelängerjelieber, Akelei, Rittersporn oder die weißen Nektarnäpfchen der Kaiserkrone) mit Fehlingscher Lösung. In allen Fällen ist die Abscheidung von rotem Kupferoxydul ein Zeichen für die Gegenwart von Trauben- und Fruchtzucker in den untersuchten Pflanzenteilen.

VII. Die pflanzlichen Eiweißstoffe.

Einen wesentlichen Bestandteil des protoplasmatischen Zellinhalts sowie des Zellkerns aller höheren Pflanzen bilden Eiweißstoffe. Es sind das dem Hühnereiweiß, Milch-, Muskel- und Bluteiweiß ähnliche organische Verbindungen, an deren Aufbau Hunderte von Atomen des Kohlenstoffs, Wasserstoffs, Sauerstoffs und Stickstoffs beteiligt sind; ferner finden sich in den Eiweißmolekülen stets noch mehrere Atome Schwefel, in einigen Fällen auch Phosphor. Darüber, wie die Eiweißbildung in der Pflanze verläuft, ist noch wenig bekannt. Aber das hat die Forschung festgestellt, daß sie sich unter normalen Umständen in allererster Linie in den grünen Blättern, und zwar unter Einfluß des Sonnenlichtes, abspielt. Als Quelle für den Kohlen-, Wasser- und Sauerstoff wird der bei der Assimilation (vgl. S. 35) erzeugte Zucker benutzt, während die Lieferanten des Stickstoffs, Schwefels und Phosphors salpetersaure Salze (Nitrate), schwefelsaure Salze (Sulfate) und phosphorsaure Salze (Phosphate) des Bodens sind, die in gelöster Form von den Wurzeln aufgenommen und durch die sogenannten Gefäßbündel in die Blätter geleitet werden. Hier erfahren die Salze durch organische Säuren, zum Beispiel Oxalsäure, eine Zersetzung unter Abspaltung von Salpeter-, Schwefel- und Phosphorsäure, und diese treten nun ihrerseits unter Mitwirkung des lebenstätigen Protoplasmas in chemische Wechselbeziehung zu dem vorhandenen Zucker. Die pflanzlichen Eiweißstoffe sind als menschliche Nahrungsmittel den tierischen durchaus ebenbürtig. In hervorragendem Maße eiweißreich sind Hülsenfrüchte. (Vgl. die Zusammenstellung S. 27.)

Je nach der Weise, wie sich die pflanzlichen Eiweißstoffe lösen und zum Gerinnen bringen lassen, unterscheidet man verschiedene, in den einzelnen Pflanzenbestandteilen vielfach gemischt vorkommende Arten. Die wichtigsten sind: Albumine (in den Kartoffeln, im Saft der Äpfel und anderer Früchte, in den Gemüsepflanzen, in Ölsamen, in geringer Menge auch in den Getreidekörnern), Pflanzenkasein oder Legumin (namentlich in den Hülsenfrüchten, aber auch zu 12 % im Hafermehl und in Haferflocken), Konglutin (in den Lupinensamen, Nüssen, Mandeln und Pfirsichen)

2

und Kleber (ein Gemisch verschiedener Eiweißarten unmittelbar unter der verwachsenen Frucht- und Samenschale der Getreidekörper). Das Albumin ist in Wasser löslich, gerinnt aber darin beim Kochen. Das Legumin ist nicht in reinem Wasser, wohl aber in schwach laugenhaften Flüssigkeiten, zum Beispiel Kali- oder Natronlauge, löslich; in der Lösung gerinnt es jedoch nicht beim Kochen, sondern erst bei Zusatz einer Säure, die schon in Essig bestehen kann. Der Kleber ist dem geronnenen Albumin und Legumin ähnlich, ist unlöslich in Wasser, löslich aber in einer schwachen Lauge.

Das Eiweiß in den Kartoffeln (Albumin).

30. Arbeit.

Behandle drei rohe Kartoffeln so, als wenn Klöße daraus bereitet werden sollten. (Schälen, auf dem Reibeisen zerreiben, reichlich mit Wasser übergießen, den Brei in einem Leinenbeutel über einer Schüssel abpressen). Beim Ausdrücken des Breies läuft eine milchige Flüssigkeit ab, aus der sich beim ruhigen Stehen Kartoffelstärke absetzt. Gieße das darüber befindliche Wasser, wenn es klar geworden ist, vorsichtig ab, filtriere etwa 20 ccm davon und koche diese Menge in einem Probierglas. Es bildet sich dabei in ihr eine flockige Masse, die aus Albumin besteht. Diese Eiweißart war in den Kartoffelzellen in ungelöstem Zustande vorhanden. Sie wurde durch das dem Brei beigefügte kalte Wasser gelöst, beim Erhitzen aber wieder zum Gerinnen gebracht.

31. Arbeit.

Schabe etwas von der Schnittfläche einer rohen Kartoffel auf einen Objektträger, betupfe das Präparat mit alkoholischer Boraxkarminlösung, lege ein Deckglas darauf und mikroskopiere. Zwischen den ungefärbt gebliebenen Stärkekörnern tritt in den Zellen eine feinkörnige Masse von rosaroter Farbe hervor. Sie besteht aus der bereits beim vorigen Versuch nachgewiesenen Eiweißart Albumin.

Der Eiweißgehalt der Kartoffeln beträgt nur 2 %.

Das Eiweiß im Gerstenmalz (Albumin).

32. Arbeit.

Mahle 5 g Malz auf der Kaffeemühle und lasse das Pulver eine Viertelstunde mit 20 ccm kaltem Wasser in Berührung. Filtriere die Masse und koche eine Probe der klar ablaufenden Flüssigkeit im Probierglas. Es scheidet sich zu Flocken geronnenes Eiweiß, und zwar Albumin, ab.

Das Eiweiß in Erbsen (Albumin und Legumin).

33. Arbeit.

Übergieße etwa 30 g ungekochte Erbsen mit Wasser und lasse sie einen Tag im warmen Zimmer stehen. Die Samen quellen auf und werden

weich. Zerquetsche sie in diesem Zustande und beseitige die dabei sich leicht ablösenden, durchsichtigen Schalen. Diese bestehen aus Zellulose oder Zellfaserstoff, woraus sich ihre Schwerverdaulichkeit erklärt. Trage die zerkleinerten Erbsen in einen Tassenkopf voll Wasser (etwa 150 g) ein, gib so viel Kali- oder Natronlauge zu, bis sich in der Flüssigkeit rotes Lackmuspapier schwach blau färbt, rühre einige Zeit tüchtig um und lasse die Masse 20 Minuten bis eine halbe Stunde stehen. Presse sie dann in einem Leinenbeutel (Seihtuch) über einer Schale aus. Die ablaufende Flüssigkeit ist milchig trübe, weil in ihr die meiste in den Erbsen enthaltene Stärke verteilt ist. Letztere bildet beim ruhigen Stehen des Gefäßes einen festen Bodensatz. Gieße die Flüssigkeit über der Stärke vorsichtig ab und filtriere sie so oft, bis sie ganz klar ist. Koche etwa die Hälfte davon im Probierglas. Es scheidet sich eine flockige Masse ab, die aus Albumin besteht. Dieses ist eine der beiden Eiweißarten, die in den Erbsen vorhanden sind. Das Albumin wurde schon durch das beigegebene Wasser gelöst, durch das Kochen aber zum Gerinnen gebracht. (Eiweißschaum auf Erbsen im Kochtopf!) Bringe auch die andere Hälfte des klaren Filtrats in ein Probierglas und gib einige Tropfen Essig hinzu. Es scheidet sich jetzt eine zweite Eiweißart in fester Form ab, die als Legumin (Pflanzenkasein oder Pflanzenkäsestoff) bezeichnet wird. Sie bildet den Hauptbestandteil des Eiweißes aller Hülsenfrüchte, ist nicht in Wasser, wohl aber in verdünnter Lauge löslich und wird nicht durch Kochen, sondern durch Zusatz einer Säure (zum Beispiel Essig) aus der Lösung wieder als geronnene Masse ausgefällt.

Wie die Erbsen, so enthalten auch die übrigen Hülsenfrüchte als hauptsächlichste Eiweißart Legumin. (Vgl. die Arbeiten 43 und 44.)

Über das Klebereiweiß der Getreidekörner unterrichten die Arbeiten 47 bis 53.

Das Eiweiß in Lupinensamen (Konglutin).

34. Arbeit.

Quelle einen Lupinensamen in Wasser an und stelle drei Querscheibchen daraus her. Lege diese auf einen Teller und bringe auf je einen Schnitt mit Hilfe eines Glasstabes folgende chemische Flüssigkeiten:

auf Schnitt I: Jodjodkaliumlösung,
„ „ II: Salpetersäure und gleich darauf Salmiakgeist (Ammoniakwasser),
„ „ III: konzentrierte Rohrzuckerlösung und dann konzentrierte Schwefelsäure.

Der I. Schnitt färbt sich braun, der II. zitronengelb, der III. rot. Alle drei Färbungen deuten auf Konglutin, das Eiweiß des Lupinensamens.

Die elementaren Bestandteile des Eiweißes.

35. Arbeit.

Erhitze im Probierglas etwas ganz trockenes Pflanzeneiweiß, zum Beispiel Kleber, den du nach der Anweisung für die 52. Arbeit aus grobem

Weizenmehl gewonnen hast, oder statt dessen auch trockenes Erbsenmehl, das von der Stärke befreit (vgl. die Arbeit 33).

a) Es entweicht Wasserdampf, der sich an den kälteren Teilen der Gefäßwand sowie an einer über das Probierglas gehaltenen kalten Glasscheibe in Form feiner Tropfen niederschlägt. Da Wasser H_2O aus Wasserstoff H und Sauerstoff O besteht, müssen diese beiden Elemente in dem Eiweiß enthalten sein.

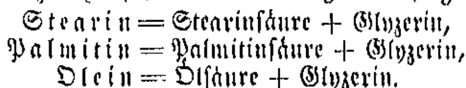
b) Bei weiterem Erhitzen unter Zusatz von etwas Natronkalk[1]) entwickeln sich Gase, durch die ein angefeuchteter Streifen roten Lackmuspapiers schwach blau und gelbes Kurkumapapier bräunlich gefärbt wird. Ferner bildet sich um einen in die Gase gehaltenen Glasstab, der mit Salzsäure benetzt ist, ein weißer Nebel[2]). Aus diesen drei Erscheinungen schließt der Chemiker auf die Gegenwart von Ammoniakgas NH_3, einer Verbindung von Stickstoff N und Wasserstoff H. Beide Elemente sind Bestandteile des Eiweißes.

c) Koche nunmehr die Masse in dem Probierglas mit ebenso viel Wasser, dem einige Tropfen Kalilauge beigefügt sind (zwecks Auflösung des schwefelreichen Legumins), und hänge einen mit Bleizuckerlösung[3]) getränkten Streifen Fließpapier hinein. Dieser färbt sich braunschwarz, weil der Bleizucker sich in Schwefelblei PbS verwandelt. Der Schwefel S stammt aus dem Eiweiß. Wenn du der Kochmasse noch einige Tropfen Salzsäure HCl beigibst und schüttelst, steigt ein Gas auf, das sich durch seinen an faule Eier erinnernden, äußerst widerlichen Geruch als Schwefelwasserstoff H_2S zu erkennen gibt. Dieser ist bei der Zersetzung des Schwefelbleis durch die Salzsäure entstanden, was auch schon aus der Entfärbung des Bleizuckerpapiers hervorgeht. -- Eine andere Tatsache, die auf das Vorhandensein von Schwefel im Eiweiß deutet, ist das Anlaufen eines silbernen Löffels, der längere Zeit in gekochten Erbsen steckenbleibt; der dunkle Überzug besteht aus Schwefelsilber.

d) Gieße alles Flüssige aus der Kochmasse ab und erhitze den festen Rückstand weiter. Letzterer geht nach und nach in eine schwarze, kohlige Masse über, die dafür spricht, daß sich auch Kohlenstoff C unter den Elementen des Eiweißes befindet. Er ist der Kernbestandteil jedes organischen Körpers.

VIII. Die pflanzlichen Fette.

Die pflanzlichen Fette, aus Kohlenstoff, Wasserstoff und Sauerstoff zusammengesetzte Körper, sind zumeist flüssig und werden dann als fette Öle bezeichnet. Nur in einigen Fällen besitzen sie eine butter-, ja sogar talgartige Beschaffenheit (halbfeste und feste Fette). Alle stellen wie die tierischen Fette zur Hauptsache ein Gemenge von folgenden Stoffen dar:



Stearin = Stearinsäure + Glyzerin,
Palmitin = Palmitinsäure + Glyzerin,
Olein = Ölsäure + Glyzerin.

[1]) Natronkalk, ein käufliches Gemenge von Natriumhydroxyd Na(OH) und gebranntem Kalk CaO, treibt in der Hitze Ammoniak aus eiweißhaltigen Stoffen aus.

[2]) Bei diesem Versuch verbindet sich die Salzsäure HCl mit dem aus dem Eiweiß entstandenen Ammoniakgas NH_3 zu weißem Salmiaksalz (NH_4Cl), das in ganz fein verteilter Form den Glasstab umnebelt.

[3]) Bleizuckerlösung = essigsaures Blei in Wasser; giftig.

Überwiegender Stearingehalt macht das Fett fest und schwer schmelzend. ldet Palmitin den Hauptbestandteil, so ist es halbfest und leicht schmelzend. thält es vorwiegend Olein, so ist es flüssig. Der jeder Fettart eigentümliche schmack und Geruch rührt von gewissen Beimengungen her. Im Gegensatz den später behandelten flüchtigen oder ätherischen Ölen fühlen sich die ten Öle schlüpfrig an, und sie erzeugen auf Papier einen bleibenden Fettfleck. Sie verdampfen erst bei ziemlich hoher Temperatur, Leinöl zum Beispiel 315°.

Reichlich Öl enthaltende Samen liefern: Lein, Mohn, Raps, Rübsen, ndotter, Hederich, Rotbuche, Sonnenblume, Haselnuß, Erdnuß, Olive, andel, Rizinus, Sojabohne, Sesam- und Baumwollstrauch. Während des ieges hat man auch mit mehr oder weniger Erfolg als Ölquellen auszubeuten sucht: Kirsch-, Zwetschen-, Kürbiskerne, Spargelsamen, ferner die Früchte Linde (9,1 % Öl), Ulme (9–14 % Öl), Robinie (falsche Akazie) und derer Bäume. Sogar die Hülsenfrüchte und Getreidekörner enthalten einige ozent Öl.

Als halbfeste und feste natürliche Pflanzenfette sind zu nennen: lmfett (ein weißes Fett aus den Kernen der pflaumengroßen Ölpalmfrüchte), lmöl (ein rötlichgelbes Fett aus der fleischigen Außenschicht derselben üchte), Kokosnußfett oder Palmin (aus dem weißen Fleisch des als Kopra eichneten Kerns der Kokosnuß abgepreßt) und Kakaobutter (aus den kaobohnen).

Die technische Gewinnung der Fette aus den betreffenden anzenteilen geschieht entweder durch Auspressen (Ölmühle mit Stampf- r Walzwerk) oder durch Ausziehen mit gewissen Lösungsmitteln. Als he kommen in Betracht: Äther, Benzin, Benzol, Schwefelkohlenstoff, loroform und andere. In Alkohol, namentlich in kaltem, sind die meisten te nur schwer löslich; eine Ausnahme macht zum Beispiel das Rizinusöl.

Außer als Nahrungsmittel (auch in Form von Margarine, die ja ı Teil aus Pflanzenfetten besteht), finden die fetten Öle wichtige technische rwendung. So verkocht man zum Beispiel manche Arten mit Kali- oder tronlauge zusammen zu Schmierseife oder fester Seife, wobei Glyzerin Nebenprodukt abfällt. Auch bei der Bereitung von Stearinkerzen 'd solches gewonnen.

36. Arbeit.

Unterrichte dich über die chemischen Grundbestandteile von Öl 'ch folgenden Versuch: Erhitze in einem Probierglas mit eingesenktem ermometer ein wenig Lein- oder Rüböl. Es siedet zum erstenmal bei)° auf einige Zeit und läßt dabei Wasserdämpfe entweichen, die du an er kalten Glasplatte als wässerigen Niederschlag auffangen kannst. Da asser H_2O sich aus aus Wasserstoff H und Sauerstoff O zusammen- t, müssen diese beiden Elemente in dem Öl enthalten sein. Ist die mperatur über 300° gestiegen, so gerät das Öl zum zweitemal in Wallung,) zwar unter Ausstoßung eines weißen Nebels von unangenehm brenzlichem ruch. Setze jetzt einen Kork mit zugespitzter Glasröhre auf das Probier- s und zünde den Nebel an. Er erweist sich als ein mit rußender Flamme unbares Gas (Fettgas). Dieses besteht wie unser Leuchtgas aus ver-

schiedenen Kohlenwasserstoffen, die aus den Elementen **Kohlenstoff** C und **Wasserstoff** H zusammengesetzt sind. Da das Öl auf diese Weise restlos verbrennt, sind C, H und O seine einzigen chemischen Bestandteile.

37. Arbeit.

Spieße einen Haselnußkern an einer Stricknadel auf und entzünde ihn mit einem Streichholz. Er brennt mit hellleuchtender, rußender Flamme, und an der Nadel läuft Öl herunter.

38. Arbeit.

Zerquetsche und zerreibe in einem Mörser (einer starkwandigen Porzellanschale) unter Zusatz von reinem Sand zwei bis drei geschälte Mandelkerne, einige Gramm Raps-, Mohn- oder Leinsamen. Übergieße die Masse im Probierglas mit etwa der vierfachen Menge Äther (als Lösungsmittel) und erwärme sie einige Zeit im Wasserbade. Filtriere dann und lasse in einer Schale den Äther aus der Flüssigkeit verdunsten. Der Rückstand ist an seiner schlüpfrigen Beschaffenheit und an seinem milden Geschmack leicht als Öl zu erkennen.

39. Arbeit.

Bringe etwas von dem gewonnenen Produkt auf ein Blatt Papier und überzeuge dich, daß es beim Trocknen nicht verschwindet, sondern einen dauernden Fettfleck hinterläßt.

40. Arbeit.

Mikroskopiere ein zartes Scheibchen aus dem Kern einer Haselnuß. Du findest in jeder der lückenlos aneinanderstoßenden Zellen ein Flüssigkeitskügelchen, nämlich ein Öltröpfchen. Das Haselnußöl hat die besondere Eigenschaft, daß es stickstoff- und phosphorhaltig ist. Der Chemiker bezeichnet solches Fett als **Lezithin**. Es bildet auch einen wichtigen Bestandteil der Nerven und des Gehirns und ist daher ein wichtiges Ernährungsmittel für diese Organe.

IX. Samen und Keimung.

1. Samenruhe und Umbildung der Reservestoffe bei der Keimung im allgemeinen.

Jedes Samenkorn enthält unter der schützenden Samenschale einen mit den wesentlichsten Organen der Pflanze ausgestatteten Keimling oder Embryo. Dieser steckt bei den zweikeimblättrigen Gewächsen zwischen zwei dicken, mit Reservestoffen in Form von Stärke, Eiweiß, Fett usw. angefüllten Keimblättern (Samenlappen oder Kotyledonen); bei den einkeimblättrigen Pflanzen aber liegt er dem sogenannten Endosperm an; das ist ein fast das ganze Innere des Samenkorns einnehmendes Nährgewebe. Während des Winters ruht in dem ausgetrockneten Samen jegliches Leben. Kein Stoffwechsel und Wachstum machen sich bemerkbar. Erst durch Wasserauf-

nahme bei der Quellung nach einer gewissen Vegetationsruhe werden chemische Vorgänge eingeleitet, die in der Auflösung und Umbildung der Reservestoffe bestehen und zur Entfaltung des Keimlings führen. Das wasserdurchtränkte Protoplasma atmet wieder lebhaft. Es bewirkt unter Mitwirkung sich neu bildender Stoffe chemische Spaltungen (Analysen) und Zusammensetzungen (Synthesen). Die Stärkekörner, Eiweißkörner und Zellhäute werden gelöst; das Fett nimmt einen wanderungsfähigen Zustand an. Aus den gebildeten flüssigen Zersetzungsprodukten bauen sich an den Stellen des Wachstums, das heißt der Neubildung von Zellen, wieder Stärke, Eiweiß und Zellulose in der ursprünglichen festen Form auf. An diesen Umwandlungsprozessen sind eigentümliche Stoffe als Ursache beteiligt, die man als Fermente oder Enzyme bezeichnet. Einer von ihnen ist die Diastase, ein eiweißartiger Körper, der bei der Keimung entsteht und die Verzuckerung der Stärke veranlaßt. Ein anderer bewirkt ähnlich dem Pepsin des Magensaftes den Abbau und die Auflösung des Eiweißes. Anderen Fermenten ist die Spaltung von Fetten in Fettsäuren und Glyzerin zuzuschreiben, von denen erstere der Reihe nach in Stärke, Zucker und Zellulose übergehen.

2. Bau und Reservestoffe der Samen zweikeimblättriger Pflanzen im besonderen (Gemüsebohne und andere Hülsenfrüchte).

41. Arbeit.

Quelle einen Samen der Gemüsebohne (Busch- oder Stangenbohne) etwa zwölf Stunden in Wasser. Du kannst dann leicht die ihn umgebende lederartige Haut, die Samenschale, abziehen. Sie besitzt an der Einbuchtung des Samens einen weißlichen Flecken, den sogenannten Nabel (Abb. 8 a). Es ist die Stelle, an der der Samen mittels eines winzigen Stielchens an der Bauchnaht der Fruchthülse angewachsen war. Auf der einen Seite des Nabels befindet sich eine flache Vertiefung, die man als Keimmund bezeichnet. Hier erfolgt bei der Keimung der Austritt des Würzelchens. Nabel und Keimmund spielen bei der Quellung eine wichtige Rolle; denn sie wirken dabei als wasserauffangender Apparat. Die bunte Farbe mancher Bohnensorten beruht



Abb. 8. Samen der Gemüsebohne. a) Geschlossen (unten der Nabel). b) Ein Samenlappen entfernt. c) Stengel, Wurzel und das erste Laubblattpaar befreien sich aus dem aufgebrochenen Samen. d) Die Samenlappen des Keimpflänzchens schrumpfen ein.

darauf, daß in den Zellen gewisser Schichten der Samenhaut (ein Querschnitt läßt 4 Schichten erkennen) roter, violetter oder schwarzer Farbstoff im Zellsaft gelöst ist. Bei marmorierten Bohnen ist jeder der Farbstoffe in einer Hautschicht für sich vorhanden. Der nach Abtrennung der Samenschale bloßgelegte weiße Körper heißt der Keimling oder Embryo. Es gelingt dir leicht, ihn auseinanderzuklappen, und du hast dann als Hauptmasse zwei dicke, fleischige, halb-nierenförmige und an der flachen Innenseite etwas ausgehöhlte Blätter vor dir, die als Keimblätter bezeichnet werden. Bei der 42. bis 45. Arbeit wirst du sie als Nahrungsspeicher kennen lernen. Wegen der Eigentümlichkeit, ihre Samen mit zwei Keimblättern auszustatten, zählt man die Bohnenpflanze zur Gruppe der zweikeimblättrigen Gewächse. (Hierzu gehören auch zum Beispiel noch Erbse, Kürbis, Raps, während die Getreidearten Vertreter der einkeimblättrigen Gewächse sind).

In dem flachen Hohlraum zwischen den Keimblättern (Abb. 8 b—d). sind schon die Hauptorgane des zukünftigen Bohnenpflänzchens im kleinen vorgebildet: du siehst die knieförmig gebogene Keimachse mit dem Würzelchen und zwei Stengelgliedern (das erste, nur 1–2 mm lange befindet sich zwischen der Wurzel und dem Ansatz der dicken Keimblätter, das zweite, ebenfalls noch sehr kurze, zwischen diesem und dem später ergrünenden ersten Laubblattpaar) sowie die beiden ersten Laubblättchen. Letztere sind einfach, äußerst zart und ineinandergefaltet. Breitest du sie aus, so findest du zwischen ihnen das vorläufige Endglied der Keimachse, den Sproßgipfel. Er stellt eine winzige Knospe dar, die ein weiteres Stengelglied und das erste dreizählige Blättchen in sich birgt.

42. Arbeit.

Von der Art der im Bohnensamen aufgespeicherten Nährstoffe kannst du dich durch chemische Hilfsmittel und durch mikroskopische Untersuchung überzeugen.

Durchschneide eines der Keimblätter des Bohnensamens in beliebiger Richtung und bringe einen Tropfen Jodjodkalium auf die Schnittfläche. Diese erscheint sofort blauschwarz punktiert. Spülst du den Schnitt mit Wasser ab, um die Jodlösung zu verdünnen, so geht die Farbe in Blauviolett über. Die durch das Jod hervorgerufene Farbenwirkung zeigt das Vorhandensein von Stärke an.

43. Arbeit.

Lege einen dünnen Querschnitt aus dem Keimblatt eines Bohnensamens auf einen Objektträger in einen zur Hälfte mit Wasser verdünnten Tropfen Glyzerin, betupfe das Päparat noch mit Jodjodkaliumlösung und betrachte es mikroskopisch (Abb. 9). Es sind jetzt zwischen den blaugefärbten Stärkekörnern noch viele kleinere Körnchen sichtbar, die das Jod gelb gefärbt hat. Du hast hier Eiweißkörner (Protein- oder Aleuronkörner), und zwar Legumin, vor dir, die ebenfalls als Reservenahrung für den Keimling dienen.



Abb. 9. Einzelne Zelle aus dem Samenlappen einer Gemüsebohne mit Stärkekörnern und feinkörniger Eiweißmasse.

44. Arbeit.

Verwende als Färbemittel an Stelle von Jod alkoholische Boraxkarminlösung (unter Weglassung des Glyzerins). Jetzt erscheint die Eiweißmasse in den Zellen rot, während die Stärkekörner ungefärbt bleiben.

45. Arbeit.

Bette je drei Bohnensamen in feuchte Sägespäne, mit denen du drei Blumentöpfe (A, B, C) beschickt hast, um sie zur Keimung zu bringen. Die Bohnen in A werden nicht gestört; von denjenigen in B wird aber, sobald das erste Stengelglied die beiden dicken Keimblätter aus dem Keimbett herausgezogen hat, je eins der Keimblätter abgeschnitten, und von den Bohnen in C werden alle beide Keimblätter entfernt. Bringe nach dieser Arbeit die verbleibenden Samenreste sofort wieder in das Keimbett, das immer feucht zu halten ist. Die Keimlinge in B, denen ja nur noch die Hälfte ihres Nährstoffvorrats zur Verfügung steht, entwickeln sich zu viel schwächeren Pflänzchen als die in A, und die Keimlinge in C gehen bald wegen Nahrungsmangels zugrunde. Beobachte bei diesem Versuch auch das allmähliche Einschrumpfen der Keimblätter, was auf ihre Aussaugung durch den wachsenden Keimling hinweist.

Chemische Züsammensetzung der trockenen Samen unserer Hülsenfrüchte.

Samenart	Stärke %	Eiweiß %	Fett %	Zellfaser %	Mineralien %	Wasser %
Erbsen	52,68	23,15	1,89	5,68	2,68	13,92
Linsen	52,60	21,26	1,30	7,99	2,61	13,94
Gemüsebohnen . . .	48,30	25,30	1,70	7,80	3,10	13,80
Puffbohnen	18,33	25,31	1,68	8,86	3,13	13,19
Lupinen . .	25,16	38,25	1,38	11,12	3,81	13,98

3. Bau und Reservestoffe des Samens einkeimblättriger Pflanzen im besonderen (Getreidekörner).

Wesentlich anders als der Bohnensamen ist das Samenkorn der sogenannten einkeimblättrigen Pflanzen (besser „Spitzkeimer") gebaut. Wir finden in ihm nicht zwei reservestoffführende Samenlappen, sondern nur einen einzigen, mit Nährstoffen vollgepfropften Körper, das Nährgewebe oder Endosperm, dem an einem Ende der winzige Keimling anliegt. Zur Untersuchung wählen wir zum Beispiel Weizen (Abb. 10).

16. Arbeit.

Halbiere ein Weizenkorn, das etwa eine Stunde mit Wasser in Berührung gewesen ist, quer mit dem Taschenmesser, spanne die eine Hälfte in einen kleinen Handschraubstock und suche mit Hilfe des Rasiermessers einige feine Querschnitte daraus zu gewinnen. Stelle ferner einen Längsschnitt aus einem solchen Weizenkorn her, indem du das Messer in einer

längs zur Furche des Kornes senkrechten Ebene führst. Bei mikroskopischer Betrachtung der Schnitte im Wassertropfen wirst du folgende Beobachtungen machen: Wie das Ei von einer Kalkschale, so wird auch das Getreidekorn von einer festen Hülle umschlossen, und zwar wird diese von der verwachsenen Frucht- und Samenschale gebildet. Um die einzelnen Teile beider besser unterscheiden zu können, mußt du einen der Schnitte mit Kalilauge betupfen. Diese ruft eine starke Quellung der Gewebe hervor. Zur Fruchtschale gehören die Oberhaut mit längsgestreckten Zellen sowie zwei weitere Zellschichten. Die Samenschale zeigt außen einen schmalen, braun gefärbten Streifen, der aus zerrissenen Zellwänden besteht, und an diesen Streifen schließt sich nach innen eine Lage wasserheller Zellen an. Unmittelbar unter der Samenschale bemerkst du die sogenannte Kleber- oder Wabenschicht. Diese besteht aus einer einfachen Lage annähernd quadratischer, starkwandiger und dicht aneinandergereihter Zellen. Sie enthalten eine feinkörnige, mit kleinen Fettröpfchen durchsetzte Eiweißmasse, die den Namen Aleuron oder Kleber führt. (Die Eiweißkörner sind nur in Wasserpräparaten, nicht in den mit Kalilauge behandelten Schnitten zu beobachten.) Auch phosphorsaurer Kalk befindet sich in diesen Zellen. Stärke ist darin nicht aufgespeichert. Die Kleberzellenschicht umschließt den Mehlkörper. Er bildet den massigen Hauptteil des Nährgewebes (Endosperms) für den winzigen Keimling und setzt sich aus dünnwandigen, meist abgerundet-sechseckigen Zellen zusammen, die mit größeren und kleineren Stärkekörnern — eingebettet in eine feinkörnige Grundmasse aus Eiweiß, und zwar Albumin — vollgestopft sind.

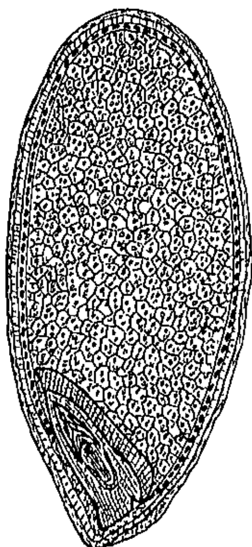
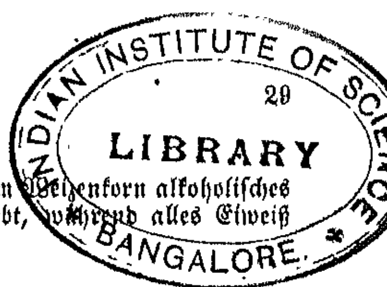


Abb. 10. Querschnitt durch ein Roggenkorn, die verwachsene Frucht- und Samenschale, die Kleberschicht (schwarz), den Mehlkörper (große Hauptmasse) und den Keimling zeigend.

Beim Längsschnitt des Weizenkornes bemerkst du am abgerundeten Ende gegenüber der Furche das wichtigste Organ der werdenden Pflanze: den Keimling. Der längsdurchschnittene Embryo läßt das erste Halmglied, an seinem einen Ende den Stammvegetationskegel und die einander umschließenden ersten Blattanlagen sowie die Wurzelanlage erkennen. So notwendig der Keimling mit seinem Eiweißgehalt von 40 % und Fettgehalt von 20 % als Vorratskammer für den Aufbau der Pflanze ist, so muß er doch vom Müller vor dem Vermahlen des Getreides von dem stärkehaltigen Mehlkörper entfernt werden, weil sein Fettgehalt das Ranzigwerden des länger lagernden Mehls verursacht.

47. Arbeit.

Betupfe einen in Wasser eingelegten Querschnitt aus dem Weizenkorn mit Jodjodkalium. Die Stärkekörner (im Mehlkörper) färben sich blau, der Inhalt der Kleberschicht (Eiweiß) und die ebenfalls aus Eiweiß bestehende feinkörnige Grundmasse zwischen den Stärkekörnern aber gelb. — Mikroskopiere!



48. Arbeit.

Verwende bei einen anderen Ausschnitt aus dem Weizenkorn alkoholisches Boraxkarmin. Die Stärkekörner bleiben ungefärbt, während alles Eiweiß karminrot wird. – Mikroskopiere!

49. Arbeit.

Bringe auf einen dritten Querschnitt aus dem Weizenkorn zunächst konzentrierte Rohrzuckerlösung (möglichst viel klaren Zucker in einem Tropfen Wasser gelöst) und dann noch einen Tropfen konzentrierte Schwefelsäure. Das Klebereiweiß unmittelbar an der Schale nimmt nach einiger Zeit eine kräftig rubinrote Farbe an, während sich das in den Zellen des Mehlkörpers enthaltene Eiweiß (Albumin) nur schwachrosa färbt. – Mikroskopiere!

50. Arbeit.

Bringe auf einen vierten Querschnitt aus dem Weizenkorn einen Tropfen Millonsches Reagens[1]) und erwärme den Objektträger leicht. Alles Eiweiß färbt sich ziegelrot. – Mikroskopiere!

51. Arbeit.

Bette einen fünften Querschnitt aus dem Weizenkorn auf dem Objektträger in einen Tropfen Wasser ein und bringe dann einen Tropfen Methylgrünlösung sowie ein Deckglas darauf. Bei mikroskopischer Betrachtung treten in den Aleuronzellen (Kleberschicht) ziemlich große, in den Stärkezellen des Mehlkörpers kleine Zellkerne hervor. Ohne besondere Färbmittel, zu denen das Methylgrün gehört, sind die Zellkerne in pflanzlichen Gebilden zumeist nicht sichtbar.

52. Arbeit.

Bereite aus ein bis zwei Eßlöffeln voll Weizenmehl und etwas Wasser einen steifen Teig, bringe ihn in einen Leinenbeutel und knete ihn unter dem Strahl der Wasserleitung über einer Schüssel so lange durch, bis das ablaufende Wasser nicht mehr milchig trübe ist, d. h. bis alle Stärkekörnchen herausgewaschen sind. (Sie bilden in der Schüssel bei ruhigem Stehen einen weißen Bodensatz.) Im Leinenbeutel bleibt ein graugelber, elastischzäher Stoff zurück, der um so klebriger wird, je länger er mit der Luft in Berührung ist. Er bildet die wichtigste Eiweißmasse des Weizenmehls, den Kleber, der aus einem Gemenge zweier verschiedener Eiweißstoffe besteht, nämlich einem in Alkohol löslichen (dem Gliadin) und einem in Alkohol unlöslichen (dem Glutenin). In Wasser quillt der Kleber nur auf, ohne sich darin zu lösen.

53. Arbeit.

Übergieße etwas von dem Rückstand im Beutel mit sehr verdünnter Kalilauge oder mit Salmiakgeist (Ammoniakwasser) und rühre um. Der

[1]) Bereitung von Millonschem Reagens. Übergieße in einem Spitzkelchglas etwas Quecksilber mit ebenso viel konzentrierter, rauchender Salpetersäure und verdünne nach erfolgter Auflösung des Metalls (wobei goldbraune, giftige Gase entweichen) mit der gleichen Menge Wasser. Das Reagens ist für den Versuch frisch darzustellen.

Kleber löst sich auf. – Was ungelöst bleibt, sind Stärke und Pflanzenfaser, die der Kleber noch einschloß.

Durchschnittliche chemische Zusammensetzung des Roggen- und Weizenkornes, ihrer Mahlprodukte und des Brotes.

	Kohlehydrate[1] %	Eiweiß %	Fett %	Zellfaser %	Mineralstoffe %	Wasser %
Roggenkorn	69,08	11,61	2	1,97	1,95	13,39
Roggenmehl	69,66	11,52	2,08	1,59	1,44	13,71
Roggenkleie . . .	58	16,70	3,10	5,20	1,38	12,62
Roggenbrot	47	6	0,5	0,7	1,2	11,6
Weizenkorn	71	13,50	2,30	2,30	1,92	8,98
Weizenmehl	72,23	11,82	1,36	0,98	0,96	12,65
Weizenkleie	52,20	14,30	1,20	10,20	6,90	12,20
Weizenbrot	50	6	0,5	0,4	1,1	42

4. Quellungsversuche mit Erbsen-, Lupinen-, Lein- und Bohnensamen.

54. Arbeit.

Fülle ein Trinkglas zur Hälfte mit trockenen, ungequellten Erbsen und gieße so viel Wasser darüber, daß dieses das Glas bis zu drei Viertel seiner Höhe füllt. Durch Wägungen kann dabei festgestellt werden, daß die Erbsen und das Wasser ungefähr gleiches Gewicht haben. Nach sechs bis acht Stunden ist das Wasser vollständig verschwunden, während die Erbsen das Glas fast ganz ausfüllen. Ihr Gewicht ist demnach durch die Quellung auf das Doppelte gestiegen.

55. Arbeit.

Lege 10 g Bohnen in Wasser. Nimm sie nach einer Stunde heraus, trockne sie gut ab und stelle ihre Gewichtszunahme fest. Bringe sie wieder in Wasser und wiederhole die Wägung nach drei Stunden, ferner nach 12, 15, 18 und 24 Stunden. Der Verfasser erzielte dabei folgende Ergebnisse: Die Gewichtszunahme betrug nach einer Stunde 1/4 g, nach drei Stunden 2 1/2 g, nach zwölf Stunden 10 g, also ebenso viel wie das ursprüngliche Gewicht (100 %). Von da ab war die Gewichtsvermehrung kaum mehr merklich, und von der 18. Stunde ab hörte sie ganz auf. Die Quellbarkeit der Samen hat also eine Grenze.

56. Arbeit.

Stelle durch ähnliche Versuche fest, daß die Samen der Sau- oder Puffbohne bis 157, Weizenkörner aber nur etwa 50 Gewichtsprozent Wasser aufnehmen.

[1]) Unter Kohlehydraten ist hier fast ausschließlich Stärke gemeint; nur im Brot treten zu dieser noch etwas Dextrin und Zucker.

57. Arbeit.

Belaste die in einem weiten Trinkglas quellenden Erbsen- oder Bohnensamen mit einem 500 g-Gewicht. Dieses wird mit emporgehoben, worin sich der bei der Quellung nach außen ausgeübte bedeutende Druck zu erkennen gibt. Letzterer zeigt sich auch darin, daß die stark gequollenen Samen beim Umstülpen des Trinkglases nicht von selbst herausfallen; sie haben sich gegenseitig fest verkeilt.

Verschiedene Samen quellen sehr rasch auf, weil sie bei Berührung mit Wasser einen Schleim aus der Oberhaut austreten lassen, der das Wasser kräftig anzieht und festhält. Überzeuge dich davon durch folgenden Versuch.

58. Arbeit.

Stelle recht zarte, für das Mikroskopieren geeignete Querschnitte aus einem Leinsamen her und bringe sie auf den Objektträger in Alkohol, der wasserentziehend wirken soll. Lasse nun, während du in das Mikroskop schaust, mit Hilfe eines Glasstabes vom Deckglasrande her Wasser zu den Schnitten treten. Sofort quellen die Oberhautzellen der Samenschale stark auf und lassen einen Schleim austreten, ohne daß die Zellwände dabei zerreißen. Dieser Schleim zieht nun begierig Wasser in das Innere des Samens.

59. Arbeit.

Befestige von zwei gleichgroßen Bohnensamen den einen (R) mit dem Rücken, den anderen (B) mit der Bauchseite nach unten an je einer Nähnadel und stecke die Nadeln in einen Kork an zwei gegenüberliegende Stellen so, daß jede Bohne zur Hälfte untertaucht, wenn der Kork in ein Gefäß mit Wasser gesetzt wird (Abb. 11). Nach einigen Stunden ist die Schale von B runzelig geworden und der Samen beträchtlich aufgequollen, während R sich kaum verändert hat. Erklärung: Der wasseraufsaugende Apparat der Bohne ist in erster Linie der an der Bauchseite liegende, als weißer Flecken sichtbare Nabel mit seiner seitlichen Vertiefung, dem Keimmund (vgl. S. 25). Dieser Apparat konnte nur bei der Bohne B in Tätigkeit treten, weil er nur hier mit Wasser in Berührung war.



Abb. 11. Quellung von Bohnensamen. R liegt mit dem Rücken, B mit der Bauchseite im Wasser.

5. Stoffwechselvorgänge in keimenden Getreidekörnern. Gerstenmalz in der Bierbrauerei und Spiritusbrennerei.

60. Arbeit.

Lasse eine Anzahl Gerstenkörner, die zwölf Stunden in Wasser angequellt sind, in feuchten Sägespänen oder zwischen feuchtem Fließpapier auf einer Schale so lange an einem mäßig warmen Ort liegen, bis sie weich sind.

a) Nimm dann die Hälfte der Körner aus der feuchten Einbettung und

bringe sie an einen kühleren Ort. Du bewirkst dadurch, daß bei der Keimung zunächst nur die Würzelchen — nicht auch die Blattanlagen — hervorbrechen. Wenn diese etwa 1 cm lang sind, ist der Inhalt der Körner schleimig geworden, weil sich das Stärkemehl unter Einwirkung des beim Keimen entstehenden Ferments Diastase in Stärkegummi oder Dextrin verwandelt hat. Eine Verzuckerung ist noch nicht eingetreten, wie du mit Hilfe Fehlingscher Lösung (vgl. Arbeit 26) feststellen kannst: Wenn du einige zerkleinerte, mit Würzelchen versehene Körner in dieser kochst, erhältst du keinen Niederschlag. Kaust du aber ein Korn einige Zeit, so schmeckt es süßlich, weil der Mundspeichel das Dextrin in Zucker verwandelt. Unterbrichst du das Weiterwachsen, indem du die Körner auf der Herd- oder Ofenplatte der Wärme aussetzest, so erhältst du Braunmalz[1]. Die Wurzelkeime lassen sich von diesem leicht abreiben. Sie geben ein gutes Viehfutter, weil sie neben Dextrin reichlich Eiweiß und etwas Fett enthalten. Auch aus Kali, Kalk und Phosphorsäure gebildete Salze schließen ihre Zellen ein. Alle diese Stoffe sind bei der Keimung aus dem Reservenährgewebe des Gerstenkorns in die Würzelchen übergegangen.

Entnimm einem der angekeimten Gerstenkörner etwas von seinem Inhalt aus der Nähe der Ansatzstelle des Keimlings, bringe es auf den Objektträger in einen Wassertropfen und mikroskopiere. Du findest neben unzerstörten Stärkekörnern von der bekannten Form viele andere, die von der Mitte aus nach verschiedenen Richtungen hin wie zerfressen erscheinen. Es sind durch die auflösende Wirkung der Diastase Kanäle entstanden, die sich immer mehr ausbreiten und verzweigen und nach und nach einen vollständigen Zerfall der Stärkekörner herbeiführen.

b) Lasse die andere Hälfte der Gerstenkörner in dem feuchten Keimbett ungestört weiter verweilen, bis ihnen auch die Blattkeime entsprossen sind. Jetzt ist der gesamte Inhalt der Körner milchig geworden. Er schmeckt wie das ganze junge Pflänzchen süß, weil die Stärke vollständig verzuckert ist. Kochst du einige der keimenden Samen in diesem Zustande in Fehlingscher Lösung, so kannst du an dem entstehenden roten Niederschlag den Zuckergehalt (Malzzucker und Traubenzucker) ebenfalls erkennen.

Daß die Diastase des Gerstenmehles auch eine andere Stärkeart als die in den Gerstenkörnern selbst enthaltene verzuckern kann[2]), beweist folgender Versuch:

61. Arbeit.

Übergieße etwa 25 g auf der Kaffeemühle gemahlenes Braunmalz mit 100 ccm lauwarmem Wasser und lasse das Gemenge unter öfterem Um-

[1]) Solches Malz wird auch in der Brauerei durch Darren angekeimter Gerste hergestellt. Das in ihm aus der Stärke gebildete Dextrin geht in Zucker über, wenn der Bierbrauer die geschroteten Malzkörner mit warmem Wasser behandelt (Maischprozeß). Es entsteht auf diese Weise die süßschmeckende „Bierwürze", die durch Beigabe von Hefe zu Bier vergoren wird.

[2]) Eine wichtige technische Anwendung macht man davon zum Beispiel bei der Bereitung von Spiritus aus Kartoffeln. Hierbei kommt es zunächst darauf an, die Stärke der Kartoffeln in Zucker überzuführen. Man bewirkt das dadurch, daß man die gedämpften und zerquetschten Knollen in Wasser einteigt und den Brei mit geschrotetem Gerstenmalz vermengt. Die nach einiger Zeit aus der „Maische" abgepreßte süße Flüssigkeit wird mit Hefe versetzt, die den Zucker in Alkohol und Kohlensäure verwandelt.

rühren eine halbe Stunde an einem warmen Orte stehen. Filtriere es dann mehrmals, bis die ablaufende Flüssigkeit ganz klar ist.

Du hast auf diese Weise einen Malzauszug (Malzextrakt) gewonnen, der die Diastase des Malzes gelöst enthält. Bereite zur Fortsetzung des Versuches dünnen Stärkekleister, indem du etwa ein Gramm Kartoffelstärke zunächst in 25 ccm kochendes Wasser einrührst und diese Stärkemilch dann in dünnem Strahl unter stetem Umrühren in weitere 75 ccm kochendes Wasser laufen läßt. Versetze dann 50 ccm des Kleisters, wenn er sich auf 60–65 ° C abgekühlt hat, mit 10 ccm des Malzauszuges. Nach wenigen Minuten ist das Gemisch klar geworden. Bringe eine Probe davon auf einen Teller und füge einen Tropfen Jodjodkaliumlösung hinzu. Blaufärbung zeigt an, daß sich die Stärke des Kleisters chemisch noch nicht verändert hat. Nach etwa fünf Minuten färbt sich eine zweite Probe mit Jod violett (die Stärke ist in Amylodextrin übergegangen), nach weiteren fünf Minuten ein dritte Probe braun (die Stärke ist in Erythrodextrin übergegangen); eine später entnommene Probe wird durch Jodzusatz nur schwach gelb gefärbt (die Stärke ist in Achroodextrin übergegangen). Schließlich schmeckt eine Probe süß, und in ihr entsteht, wenn du sie mit Fehlingscher Lösung kochst, ein roter Niederschlag. Dadurch gibt sich zu erkennen, daß die Diastase der Gerste die Kartoffelstärke in Zucker (Malz- und Traubenzucker) umgewandelt hat. Die verschiedenen Dextrinarten sind Zwischenstufen dieser chemischen Veränderung. – Bei der beschriebenen Arbeit ist darauf zu achten, daß der Malzauszug nicht bis 80 ° C warm wird, weil diese Temperatur die Diastase vernichtet. Letztere wirkt zwar schon von 0 ° an, am besten aber bei 63 ° C.

X. Die Atmung der Pflanzen.

(Vergleiche hierzu auch „Biologische Arbeit" Heft 15: Spilger, Atmung und Atmungswerkzeuge. Th. Fisher, Freiburg i. B.)

In den lebenstätigen Zellen aller Pflanzenteile, mögen sie grün oder nicht grün sein, spielt sich im Lichte sowohl wie im Dunkeln ein äußerst wichtiger chemischer Vorgang ab: die Atmung. Durch diese wird das Protoplasma mit Sauerstoff versorgt, der für den Stoffwechselprozeß und damit für den Fortgang des Lebens unbedingt erforderlich ist. Der Sauerstoff verbrennt (oxydiert) nämlich die in den Pflanzenzellen durch die Assimilation (vgl. S. 35) erzeugten oder als Reservematerial vorhandenen stickstoffreien organischen Gebilde, wie Stärke, Zucker, Fett usw., und regt das Protoplasma an, aus den dabei entstehenden Zersetzungsprodukten stickstoffhaltige Körper, namentlich das für das Wachstum so wichtige Eiweiß aufzubauen. Den Stickstoff dafür liefern in der Regel stickstoffhaltige Minerallösungen (zumeist salpetersaure Salze und Ammoniaksalze), die die Wurzeln dem Boden entziehen. Wird einer Pflanze der Sauerstoff vorenthalten, indem man sie zum Beispiel in einen luftleeren Raum oder in einen mit Wasserstoff oder Stickstoff gefüllten Behälter einschließt, so hört jede sichtbare Lebenstätigkeit auf. Sie ist nicht imstande, weiter zu wachsen, und stirbt nach kürzerer oder längerer Zeit ab. (Eine Ausnahme machen gewisse niedere Pilze, zum Beispiel Bierhefe, die sich auch bei Sauerstoffmangel vermehrten.)

Auch schon der Keimling bedarf zu seiner Entwicklung des Sauerstoffs. Als Produkte der Atmung entstehen Kohlensäure CO_2 (richtiger als Kohlendioxyd zu bezeichnen) und Wasser H_2O. Beide werden ausgeschieden.

Die Atmung beginnt bereits bei einer Temperatur von etwas unter 0°; am kräftigsten geht sie bei etwa 40° vonstatten. Nicht alle Pflanzen und Pflanzenteile atmen gleich stark. Durch geeignete Versuche, bei denen die Menge der ausgeschiedenen Kohlensäure als Maßstab gilt, kann man sich davon überzeugen, daß Keimpflanzen lebhafter atmen als andere und ferner Blütenblätter unter gleichen Umständen lebhafter als Laubblätter. In allen Fällen ist die Atmung mit Wärmeentwicklung, in einzelnen sogar mit Lichterscheinung verbunden. So sind gewisse Arten einzelliger Pflänzchen mit an dem Meeresleuchten beteiligt, und das Leuchten (Phosphoreszieren) von Holz, Fleisch oder Fischen geht von darin lebenden Pilzen bzw. Bakterien aus.

Auf eine Tatsache muß hier noch hingewiesen werden: Die bei der Atmung erzeugte Kohlensäure wird tagsüber nur zum Teil oder auch gar nicht ausgeschieden, wenn es sich um grüne Pflanzengebilde handelt. Denn diese atmen ja nicht nur, sondern assimilieren im Lichte auch gleichzeitig, d. h. sie nehmen Kohlensäure auf und bilden daraus in Verbindung mit Wasser unter Einfluß des Blattgrüns Stärke und andere Kohlehydrate. Bei diesem Vorgang wird im Gegensatz zur Atmung Sauerstoff frei. Als Quelle für das bei der Assimilation verbrauchte Kohlendioxyd benutzt die Pflanze nun nicht nur das CO_2 der atmosphärischen Luft, sondern auch das bei der Atmung frei gewordene. Die Folge davon ist, daß bei grünen Pflanzen am Tage die Atmung von der Assimilation gleichsam verdeckt wird. Will man also Kohlensäure als Produkt der Atmung nachweisen, so muß man entweder nichtgrüne Pflanzenteile (Keimlinge, Knollen, Blüten, Hutpilze, Schmarotzerpflanzen ohne Blattgrün, wie Schuppenwurz oder Fichtenspargel) als Versuchsobjekte wählen, oder man muß die Untersuchung mit grünen Pflanzen im Dunkeln vornehmen.

62. Arbeit.



Abb. 12. Atmungsversuch mit Fliederblüten.

Fülle einen von zwei hohen Standzylindern (Abb. 12) etwa zu einem Drittel mit frischen Blüten (der Verfasser verwendete mit gutem Erfolge Flieder; aber auch Wucherblumen, Wiesensalbei, Rosen und andere haben sich als sehr geeignet erwiesen) oder mit Samen, die schon einige Tage in Keimung begriffen (Gemüsebohnen, Saubohnen, Erbsen, Getreide) und in feuchte Watte einzubetten sind. Stelle auf das Pflanzenmaterial ein Bechergläschen mit Kalkwasser, das du vor dem Gebrauch ganz klar filtriert hast, oder stecke ein Probiergläschen mit dieser Flüssigkeit so zwischen die Blüten, daß es von außen sichtbar ist und seine Mündung frei bleibt.

Verschließe das Gefäß mit einem dichtsitzenden Kork und verfahre ebenso mit dem anderen, leer bleibenden Standzylinder. Nach einigen Stunden ist das Kalkwasser getrübt, und es befindet sich in ihm ein flockiger Niederschlag von kohlensaurem Kalk. Das ist ein Beweis für die Ausscheidung

von Kohlensäure aus den atmenden Pflanzenteilen. Öffne am folgenden Tage den beschickten Zylinder und senke an einem Draht einen brennenden Kerzenstummel hinein. Das Licht erlöscht. Führst du denselben Versuch mit dem leeren Zylinder aus, so wird das Licht ruhig weiter brennen. Demnach kann das Ergebnis im ersten Falle nur so gedeutet werden, daß das Pflanzenmaterial den Sauerstoff im Gefäß verbraucht (veratmet) und dafür Kohlensäure ausgeschieden hat, die die Verbrennung nicht zu unterhalten vermag.

63. Arbeit.

Suche Ende April oder Anfang Mai im Laubwald an feuchten Stellen Aronstab auf. Diese Pflanze mit breit-spießförmigen Blättern entwickelt um die genannte Jahreszeit einen kolbenförmigen Blütenstand, an dem unten die Narben, weiter oben die Staubbeutel sitzen, und der in eine bis 8 cm lange, fleischige Keule von violetter Farbe endigt. Das Ganze ist von einer bis 15 cm langen, gelblich-grünen, aufgeblasenen Blütenscheide eingeschlossen. Stecke in diese ein dünnes Thermometer, so daß der Quecksilberbehälter dicht an dem Blütenkolben liegt. Du wirst bald eine Erhöhung der Temperatur um 2–3 ° feststellen können. – Bei einer derartigen Untersuchung maßen meine Schüler über dem Erdboden in der Höhe des Blütenstandes eine Außentemperatur von 11 °, innerhalb der Blütenscheide aber 13½ ° C.

64. Arbeit.

Stecke das Quecksilbergefäß eines Thermometers in den frisch abgeschnittenen Blütenstand einer Sonnenblume und stülpe über beides ein entsprechend großes, oben geschlossenes Glasgefäß. Nach einiger Zeit zeigt das Thermometer eine Temperaturerhöhung um 2–3 ° an.

XI. Die Neubildung von Baustoffen durch Assimilation.

1. Wesen der Assimilation und Stärke als Endprodukt derselben.

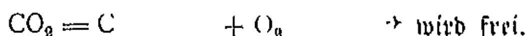
Weil bei der Atmung ständig organische Bestandteile unter Abgabe von Kohlendioxyd und Wasser verbrannt werden, müßte die Pflanze fortwährend einen Stoffverlust und damit eine Gewichtsverminderung erleiden, wenn nicht ein entgegengesetzter chemischer Vorgang immer wieder diesen Verlust deckte und das vorhandene organische Material vermehrte. Bei den selbständig sich ernährenden, grünen Pflanzen geschieht das durch die Assimilation [1]. Wir verstehen darunter die Leistung des Chlorophylls oder Blattgrüns, unter dem Einfluß des Lichtes aus anorganischem Material, nämlich aus dem Kohlendioxyd der Luft und dem aus dem Boden in die Blätter beförderten Wasser organisches Material, nämlich Zucker und Stärke, zu bilden, wobei Sauerstoff ausgeschieden wird (im Gegensatz zur Atmung). Da die Stärke das Ausgangsprodukt für die verschiedenen anderen in der Pflanze entstehenden Stoffe darstellt, sind von der assimilatorischen Tätigkeit der Laubblätter die

[1]) assimilatio = Ähnlichmachung. (Anorganische Stoffe werden in organische, aus denen sich die Pflanze aufbaut, umgewandelt.)

Ernährung und das Wachstum der grünen Pflanze abhängig. (Wir sehen hier ab von den besonderen Ernährungsweisen, die wir bei Schmarotzern oder Parasiten, bei Halbschmarotzern, bei Fäulnisbewohnern oder Saprophyten und bei insektenverdauenden Pflanzen oder Karnivoren antreffen; diese leben ganz oder zum Teil von fertig gebildeten organischen Stoffen pflanzlicher bzw. tierischer Natur. Alle nichtgrünen Pflanzen, zum Beispiel Pilze und Bakterien sowie von den blütentragenden Gewächsen Schuppenwurz und Fichtenspargel, assimilieren überhaupt nicht.) Geeignete Versuche haben gelehrt, daß 1 qm Blattfläche der Sonnenblume und des Kürbis in einer Stunde 1,5—2 g Trockenmasse durch Assimilation erzeugen kann.

Das bei der Assimilation verwendete Kohlendioxyd, von dem die atmosphärische Luft in 10000 l etwa 3 l, also 0,03 %, enthält, findet durch besondere Spaltöffnungen (vgl. S. 52) Eingang in das Blattgewebe, und das Bodenwasser gelangt in letzteres durch besondere Wasserleitungsbahnen, von denen die Wurzeln, Stämme bzw. Stengel und deren Verzweigungen sowie die Blätter in einem zusammenhängenden System durchzogen sind. Diese Wasserwege bilden einen Teil der sogenannten Gefäßbündel, die in den Blättern auch als Nerven oder Adern bezeichnet werden. Für den bei der Assimilation nötigen Austausch der Gase Kohlendioxyd und Sauerstoff besteht innerhalb des Blattgewebes ein Durchlüftungssystem.

Wie kann man sich den chemischen Vorgang bei der Assimilation, also der Stärkebildung, denken? Unter Mitwirkung der Blattgrünkörper und unter dem Einfluß des Lichtes (keinesfalls im Dunkeln) wird zunächst je 1 Molekül des aufgenommenen Kohlendioxyds CO_2 in 1 Atom Kohlenstoff C und 2 Atome Sauerstoff O gespalten. Letzterer wird teils ausgeschieden, teils bei der Atmung verbraucht.


$CO_2 = C + O_2$ → wird frei.

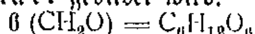

Kohlendioxyd = Kohlenstoff + Sauerstoff.

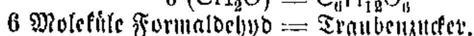
Zu dem Kohlenstoff tritt nun Wasser, wodurch Formaldehyd (CH_2O) entsteht.


$C + H_2O = CH_2O$

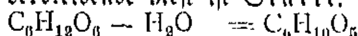

Kohlenstoff + Wasser = Formaldehyd[1]).

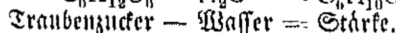
Im Protoplasma treten nun sofort 6 Moleküle Formaldehyd zusammen, so daß Traubenzucker gebildet wird.


$6\,(CH_2O) = C_6H_{12}O_6$


6 Moleküle Formaldehyd = Traubenzucker.

Aus dem Traubenzucker wird nun Wasser ausgeschieden, das zur Verdunstung gelangt. Der verbleibende Rest ist Stärke.


$C_6H_{12}O_6 - H_2O = C_6H_{10}O_5$


Traubenzucker — Wasser = Stärke.

[1]) Der Formaldehyd, ein Gas von durchdringendem, stechendem Geruch, wird für das erste Assimilationsprodukt gehalten, obgleich die Versuche, es in den Pflanzenzellen selbst nachzuweisen, bisher ohne Erfolg waren. Jedenfalls darf er sich in der Pflanze nicht anhäufen, weil er ein heftiges Gift ist. Wegen dieser Eigenschaft macht man von dem Formaldehyd, den man künstlich zum Beispiel durch Einsenken einer glühenden Drahtspirale in ein Gemisch aus Luft und Holzgeist (Methylalkohol) erzeugen kann, ausgiebigen Gebrauch als Desinfektionsmittel. Eine 40prozentige Lösung für diesen Zweck kommt unter dem Namen Formalin in den Handel. Auch Formalintabletten sind zu haben. Aus Formanwatte (Schnupfenmittel) entsteht durch Befeuchtung Formaldehyd.

2. Hungerkultur in kohlensäurefreier Luft.

65. Arbeit.

Stelle einen Apparat zusammen, wie ihn Abb. 13 zeigt. In dem kleinen, mit feuchter Erde gefüllten Blumentopf, der unter der Glasglocke untergebracht ist, sind Rapspflänzchen aus Samen herangezogen worden. Er steht auf einem Brettchen, das über einen mit Kalilauge beschickten Blumentopfuntersetzer gelegt ist. In dem Trichter, dessen Röhre durch den Kork- oder Gummistopfenverschluß der Glocke führt, befindet sich zerstückelter Bimsstein oder ein Schwamm, und dieser ist mit Kalilauge getränkt. Die Kalilauge in der Schale reißt die in der Glocke bereits befindliche und die von dem Raps bei der Atmung erzeugte Kohlensäure an sich, und die Lauge im Trichter befreit die von außen eindringende Luft von diesem Gas. So müssen die Pflänzchen in einer kohlensäurefreien Atmosphäre leben. Obgleich ihnen Erde, Wasser, Sauerstoff (zur Atmung) und Licht zur Verfügung steht, wachsen sie nicht, denn wegen Mangels an Kohlensäure können die Blätter nicht assimilieren, d. h. keine Stärke bilden. Überzeuge dich davon auf die Weise, daß du nach einigen Tagen mehrere Blätter abschneidest, sie durch Auskochen zunächst in Wasser, dann in Spiritus ihres grünen Farbstoffes beraubst und mit Jodjodkaliumlösung betupfst. Sie färben sich nicht blau (Abwesenheit von Stärke).



Abb. 13. Hungerkultur von Rapskeimlingen in kohlensäurefreier Luft.

3. Sauerstoffausscheidung bei der Assimilation.

66. Arbeit.

Bringe eine Anzahl fingerlanger Sprosse der Wasserpest (Abb. 14), einer in unseren Teichen häufig vorkommenden Pflanze mit oft meterlangen, flutenden Stengeln, die reich mit etwa 1 cm großen, fast elliptischen Blättchen besetzt ist, in einen Glastrichter und tauche diesen mit der weiten Öffnung nach unten in ein hohes Becher- oder Konservenglas, das mit frischem Brunnenwasser beschickt ist. Fülle weiter ein Probierglas mit Wasser, verschließe es mit dem Daumen, kehre es um und stülpe es, den Finger erst im Wasser des Becherglases wegziehend, über die Trichterröhre. Es bleibt dabei gefüllt. Befestige es in dieser Stellung in einem Klemmständer (Abb. 15). Stellst du die ganze Vorrichtung in das Sonnenlicht, so steigen Gasblasen aus dem Trichter in das Probierglas und verdrängen das Wasser

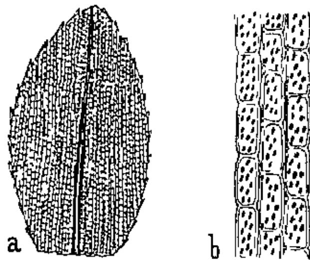


Abb. 14. Ein Blättchen (a) der Wasserpest. Daneben einige vergrößerte Zellreihen (b) mit Blattgrünkörnern.

daraus. Hat sich eine größere Menge Gas angesammelt, so ziehe das Probierglas hoch, verschließe es, sobald es von dem Trichterrohr weg ist, mit dem Finger, kehre es um und öffne es, um sofort einen glimmenden Holzspan hineinzuhalten. Das Aufflammen desselben gibt dir über die Natur des aufgefangenen Gases Aufschluß: es ist Sauerstoff, den die assimilierenden Sprosse ausgeschieden haben. Die Vornahme der Jodprobe mit den nach der Anweisung auf S. 40 entfärbten Blättern läßt das Vorhandensein reichlicher Stärkemengen erkennen. – Sollte bei dem Versuch die Gasentwicklung nicht recht vonstatten gehen, so gieße etwas Selterswasser (kohlensäurehaltig) in das Wassergefäß oder leite Kohlensäure hinein, die du durch Übergießen von Marmorstückchen mit verdünnter Salzsäure gewinnst.

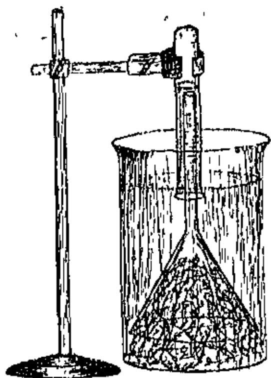


Abb. 15. Versuch mit Wasserpest zum Nachweis der Sauerstoffausscheidung bei der Assimilation.

Ebenso gut wie die lebhaft assimilierende Wasserpest eignen sich für den vorstehenden Versuch von anderen Wasserpflanzen auch Hornblatt, Tausendblatt und Tannenwedel.

67. Arbeit.

Ändere den vorigen Versuch so ab, daß du die Vorrichtung einige Zeit im Dunkeln aufstellst. Die Sauerstoffausscheidung unterbleibt. Dasselbe geschieht auch, wenn du statt des frischen Brunnenwassers ausgekochtes und daher kohlensäurefreies Wasser verwendest.

4. Das Blattgrün (Chlorophyll) und seine Bedeutung für die Assimilation.

Die Neubildung organischer Stoffe, also die Assimilation, geht nur in grünen Pflanzenteilen, und zwar ganz vorwiegend in den Laubblättern vor sich. Sie wird von denjenigen Körpern geleistet, denen die Pflanze ihre grüne Farbe verdankt: den Chlorophyllkörnern[1]. Es sind dies Protoplasmaklümpchen, die mit einem grünen Farbstoff ausgestattet sind. Dieser ist in Wasser unlöslich, in Alkohol aber löslich. Er verschluckt aus dem weißen Sonnenlichte die roten und blauen Strahlen, während er die grünen unverwendet durchläßt. Die zurückbehaltenen Strahlen sind es nun, die den Blättern chemische Energie (Arbeitskraft) liefern, wodurch letztere befähigt werden, die aufgenommene Kohlensäure zu spalten und aus dem so frei gewordenen Kohlenstoff im Verein mit Wasser Zucker und Stärke zu bilden.

a) Mikroskopische Untersuchung der Blattgrünkörner.

Für die Untersuchung der Blattgrünkörner muß das Mikroskop zu Hilfe genommen werden.

[1]) chloros = grün; phyllon = das Blatt.

68. Arbeit.

Mikroskopiere im Wassertropfen das eine oder andere der folgenden Objekte: ein Stück Blattoberhaut der Schwertlilie, an dem noch eine dünne grüne Schicht haftet, eine Wasserlinse, ein Blättchen des weitverbreiteten Drehmooses, ein Blättchen aus der Knospe eines Wasserpestsprosses (Abb. 14), ein Stückchen der in stehenden Gewässern häufig vorkommenden grünen Fadenalge oder auch Vorkeime (kleine, herzförmige Blättchen) von Farnen, wie solche an den feuchten Wänden von Gewächshäusern, in denen Farnkräuter kultiviert werden, als grüner Überzug zu finden sind. In den Zellen all dieser Organe treten grüne Gebilde von kugeliger, linsenförmiger oder eckiger Gestalt auf, in denen du die Blattgrün- oder Chlorophyllkörner vor dir hast.

69. Arbeit.

Willst du diese grünen Farbkörperchen auch in dem mehrschichtigen und für die mikroskopische Betrachtung an und für sich nicht genügend durchscheinenden Zellgewebe anderer Blätter aufsuchen, so mußt du nach Anleitung von Heft 3 der „Biologischen Arbeit“[1] (72. Arbeit) zarte Querschnitte zwischen Holundermark herstellen.

Abb. 16 zum Beispiel stellt das mikroskopische Bild eines Querschnittes aus dem Kartoffelblatt dar. Unter der Oberhaut (OH) der Blatt-

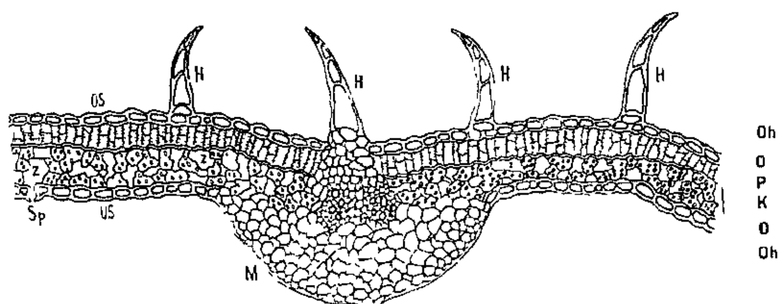


Abb. 16. Querschnitt aus dem Blatt der Kartoffelpflanze. OS Oberseite, US Unterseite, Oh Oberhauthäutchen (Kutikula), O Oberhaut, P Palisadengewebe, K Kammerzellengewebe (Parenchym), M Mittelrippe mit den Gefäßbündeln zwischen dem Rinden- und Markpolster, Z Zwischenzellräume, Sp eine der vielen Spaltöffnungen. H Haare.

unterseite liegen, senkrecht zu ihr gestellt, eng und parallel aneinandergereihte, langgestreckte Zellen. Wegen der Ähnlichkeit mit den Schanzpflöcken (Palisaden) einer Erdbefestigung heißt diese Gewebeschicht das Palisadengewebe (P). Der Inhalt der Palisadenzellen besteht neben reichlichem Protoplasma und einem Zellkern namentlich aus Chlorophyllkörnern. Weit weniger Blattgrün ist in dem darunterliegenden Kammerzellen- oder Schwammgewebe (K) enthalten, das sich aus unregelmäßig ausgezackten, locker in keiner bestimmten Richtung angeordneten Zellen zusammensetzt und viele mit Luft und Wasserdampf erfüllte Lücken (Zwischenzellräume Z) aufweist.

---

[1] M. Wagner, Biologische Untersuchungen an der Kartoffelpflanze. Heft 3 der „Biologischen Arbeit“. Verlag von Th. G. Fisher & Co., Leipzig.

b) Die Blattgrünkörner als Entstehungsorte der Stärke.

70. Arbeit.

Daß die Chlorophyllkörper selbst die Entstehungsorte der Stärke sind, läßt sich durch folgende Untersuchung feststellen:

In Wiesengräben kommt sehr häufig eine Algenart vor, die aus sehr dünnen, schlüpfrigen Fäden von dunkelgrüner Farbe besteht. Es ist die Schraubenalge. Betrachte ein Flöckchen davon mikroskopisch im Wassertropfen. Jeder Faden erweist sich als eine einreihige Kette aus zylindrischen Zellen. In jeder Zelle siehst du außer einem großen, an Protoplasmafäden aufgehängten Zellkern (in der Mitte) noch ein breites, grünes Band, das sich spiralförmig an der Zellwand entlang windet. Nach ihm hat die Alge ihren Namen. Dieses Band ist der Chlorophyllkörper. Es ist in ziemlich regelmäßigen Abständen etwas ausgehöhlt, und in den Höhlungen tritt je eine helle, kreisrunde Stelle, der sogenannte Stärkeherd, auf. Letzterer ist von einer Anzahl ebenfalls heller, kleiner Körnchen umlagert. Diese bestehen aus Stärke, wovon du dich auf folgende Weise überzeugen kannst: Lege ein Flöckchen der Alge einige Zeit in Alkohol. Dieser färbt sich grün, und die Fäden werden farblos. Mikroskopierst du einen Faden in diesem Zustande nach Beigabe eines Tropfens Jodlösung, so erscheinen die erwähnten Körnchen bei den Stärkeherden blau. Sie bestehen demnach aus Stärke, die von den Chlorophyllbändern erzeugt wurde.

c) Nur grüne Pflanzenteile erzeugen Stärke.

71. Arbeit.

Verschaffe dir ein Pflanzenblatt, das neben grünen Flächenteilen auch weiße hat. Solche gescheckte Blätter findest du an gärtnerischen Spielarten des Eschenahorns, Bergahorns, schwarzen Holunders, der japanischen Kerrie, Pelargonie, Begonie usw. Schneide ein solches Blatt am Nachmittag eines sonnigen Tages ab, entziehe ihm den grünen Farbstoff durch Auskochen zunächst in Wasser, dann in Alkohol (vgl. die 75. Arbeit) und bringe Jodjodkaliumlösung auf die ganze Fläche. Nur die vorher grünen Teile zeigen jetzt Blaufärbung (Stärkereaktion), während die vorher weiß gefärbten gelb werden (Abwesenheit von Stärke).

d) Das Blattgrün assimiliert nur im Lichte.

72. Arbeit.

Stülpe eine Kiste über eine im Garten oder in einem Blumentopf wachsende Pflanze, so daß letztere vollständig vom Lichte abgeschlossen ist, schneide nach mehreren Tagen am Spätnachmittag ein Blatt davon ab, entfärbe es wie bei der vorigen Arbeit und unterwirf es der Jodprobe. Es tritt keine Blaufärbung ein, woraus zu schließen ist, daß die verdunkelte Pflanze keine Stärke erzeugt hat.

73. Arbeit.

Verdunkele morgens gegen 8 Uhr eine etwa markstückgroße Stelle eines größeren Laubblattes, zum Beispiel der Linde, Gemüsebohne oder Kapuzinerkresse dadurch, daß du es zwischen zwei mit Stecknadeln befestigten Kork-

scheiben einklemmst. Das Blatt muß an der Pflanze verbleiben und gut dem Lichte ausgesetzt sein. Schneide am Spätnachmittag das Blatt ab und unterwirf es wie bei der 71. Arbeit nach Entziehung des Chlorophylls auf einem Teller der Jodprobe. Die verdunkelt gewesene Fläche färbt sich gelb, die übrige blau. Stärke hat sich also nur in dem beleuchteten Teil des Blattgewebes gebildet.

74. Arbeit.

Falte eine Visitenkarte in der kürzeren Mittellinie zusammen und schneide aus beiden Hälften einen Buchstaben, zum Beispiel ein W heraus. Lege diese Schablone am frühen Morgen um ein am Stock verbleibendes Blatt der Kapuzinerkresse (Abb. 17.) oder einer anderen dünnlaubigen Pflanze und halte die aneinanderstoßenden Ränder des Papiers mit Klebpapierstreifen zusammen. Schneide am Spätnachmittag das Pflanzenblatt ab und prüfe es nach dem Entfärben wie bei der 73. Arbeit mit Jodjodkalium auf Stärke. Du nimmst folgende Erscheinung wahr: Die verdunkelt gewesene Fläche das Blattes erscheint gelb, der Buchstabe aber, also der belichtete Teil, hebt sich in blauer Farbe sehr deutlich von der Umgebung ab. Ergebnis: Stärke entsteht nur unter Einfluß des Lichtes.

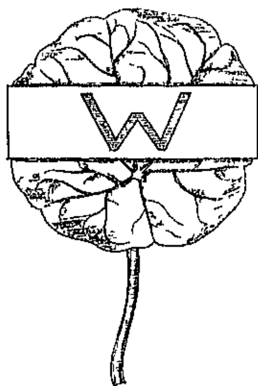


Abb. 17 Nachweis, daß sich die Stärke nur in den belichteten Blattteilen bildet. (Kapuzinerkresse.)

c) Darstellung, Eigenschaften und chemische Zusammensetzung einer Blattgrünlösung.

75. Arbeit.

Zerkleinere mit der Schere ein Büschelchen frisches Gras oder einige dunkelgrüne Laubblätter irgendeiner anderen Pflanze und koche das Material etwa zehn Minuten in Wasser. Letzteres färbt sich dabei nur schwach grünlichgelb wie das Brühwasser von Spinat und Grünkohl. Drücke dann die Masse gut aus und koche sie noch einmal in Spiritus, was am praktischsten in einer langhalsigen Kochflasche (Kochkolben) im Wasser- oder Sandbad vorzunehmen ist, damit der entstehende Alkoholdampf sich nicht an der Heizflamme entzündet. Die Blätter werden gelblich, während der Alkohol sich grün färbt, weil er den Chlorophyllfarbstoff löst und aus den Blattzellen herauszieht. Durch das vorangegangene Kochen in Wasser wurden die Zellen nur getötet, ihre Wände gesprengt und durchlässig gemacht. An dem alkoholischen Blattgrünauszug (Chlorophyllextrakt) kannst du folgende Beobachtungen machen:

76. Arbeit.

Fülle die Lösung in ein Probiergläschen, halte sie gegen das Licht und siehe hindurch. Sie erscheint jetzt, also in durchfallendem Lichte, in ihrer eigenen Farbe, nämlich smaragdgrün.

77. Arbeit.

Betrachtest du die Lösung von oben oder vor einem dunklen Hintergrund von der Seite des auffallenden Lichtes her, so leuchtet sie blutrot. Sehr deutlich tritt diese Erscheinung auf, wenn du mit Hilfe einer Brennlinse einen Lichtkegel in die Flüssigkeit wirfst. Der beobachtete Farbenwechsel ist eine sogenannte Fluoreszenzerscheinung, über die in physikalischen Lehrbüchern nachzulesen ist.

78. Arbeit.

Setze eine Probe der Blattgrünlösung in einem Gläschen dem Sonnenlichte aus oder bemale ein Blatt weißes Papier damit und lege dieses ins Fenster. Die schöne grüne Farbe geht in eine unansehnlich gelbbraune über, weil das Licht das Chlorophyll zersetzt. Aus demselben Grunde verfärben sich auch die Blätter schattenliebender Pflanzen, wenn längere Zeit zu grelles Licht auf sie einwirkt. Wegen der Zerstörung der Blattgrünlösung im Lichte ist diese nicht als Malerfarbe brauchbar.

79. Arbeit.

Füge zu einer anderen Probe des Chlorophyllextraktes einige Tropfen Essig-, Salz- oder Schwefelsäure. Der grüne Farbstoff wird ebenfalls unter Braunfärbung zersetzt. — Dieser Versuch erklärt auch die herbstliche Laubverfärbung. Sie ist die Folge davon, daß sich gegen Ende der Vegetationsperiode saure Säfte in den Zellen anhäufen, die das Blattgrün zersetzen.

Haben die beiden letzten Versuche die leichte Zerstörbarkeit des Blattgrüns bewiesen, so läßt der folgende seine Zusammensetzung aus mehreren Farbstoffen erkennen.

80. Arbeit.

Gieße in einem Probiergläschen zu etwa 20 ccm Blattgrünlösung halb soviel Benzin und schüttele tüchtig durch. Läßt du dann das Gemisch ruhig stehen, so sammelt sich unten eine gelbe, oben hingegen eine blaugrüne bis blaue Flüssigkeit. Demnach ist das Blattgrün aus einem gelben und einem blaugrünen bis blauen Farbstoff zusammengesetzt Ersteren nennt man Xanthophyll, letzteren Cyanophyll. Die Spaltung wird bei vorstehendem Versuch durch das Benzin veranlaßt. Es nimmt den dunkelfarbigen Anteil in sich auf und schwimmt mit ihm auf dem Gemisch (Benzin ist spezifisch leichter als Alkohol.) Sollte die Trennung nicht eintreten, so ist tropfenweise Wasser beizugeben. Benutzest du statt des Benzins das schwerere Benzol, so kommt die gelbe Lösung oben hin.

Prof. Dr. Willstätter ist es gelungen, den blaugrünen Bestandteil des Chlorophylls nochmals in einen grünen (a) und blauen (b) zu spalten und ferner aus dem gelben noch einen orangefarbigen (das Karotin[1]) abzuscheiden Je nach dem Mengenverhältnis, in dem der gelbe und blaugrüne Farbstoff in den lebenden Blättern gemischt sind, erscheinen diese heller oder dunkler grün.

---

[1]) Das Karotin ist auch der Farbstoff, der das Fleisch der Karotten und Möhren orangerot färbt.

Der genannte Chemiker hat das Chlorophyllmolekül eingehend studiert und festgestellt, daß über 100 Atome an seinem Aufbau beteiligt sind, und zwar besteht es aus den Elementen Kohlenstoff (66,41 %), Wasserstoff (6,27 %), Sauerstoff (16,46 %), Stickstoff (7,46 %) und Magnesium (3,40 %). Seine chemische Formel ist $C_{88}H_{42}O_7N_{14}Mg$, und diese entspricht ungefähr derjenigen des roten Blutfarbstoffes Hämatin im tierischen und menschlichen Körper; nur ist im Hämatin Eisen vorhanden, was im Chlorophyll durch Magnesium vertreten wird. Sehr wichtig ist aber die Tatsache, daß Eisen, obgleich es nicht einen Bestandteil des Blattgrüns selbst ausmacht, doch zur Entstehung desselben notwendig ist. Wenn nämlich unter den Nahrungsmitteln der höheren Pflanzen Eisen fehlt, werden die Blätter gelb (bleichsüchtig), und sie vermögen nicht zu assimilieren. Aus diesem Grunde ist auch bei der Kultur von Pflanzen in Nährstofflösungen (vgl. Arbeit 21) der Zusatz von einigen Tropfen Eisensalzlösung notwendig.

f) Verdeckung des Blattgrüns in roten Laubblättern.

In den letzten Abschnitten wurde verschiedentlich betont, daß die Assimilationsfähigkeit der Blätter, also die Bildung neuer organischer Baustoffe aus anorganischem Material, auf dem Vorhandensein von Chlorophyll beruht. Nun gibt es aber namentlich unter den Gehölzen eine Anzahl von Spielarten, deren Blätter nicht grün, sondern rot aussehen und doch assimilieren. Es sei zum Beispiel hingewiesen auf die Blutbuche, den blutroten Schwedlers Spitzahorn, den dunkelpurpurnen Reichenbachs Bergahorn, die rotlaubigen Formen der gemeinen und Lamberts Haselnuß sowie auf die purpurrote Kirschpflaume (von den Gärtnern als Prunus Pissardi bezeichnet). Der Widerspruch wird durch die folgende Arbeit aufgeklärt:

81. Arbeit.

Stelle zwischen Holundermark Querschnitte aus einem solchen roten Blatte her und mikroskopiere sie. Du findest in der beiderseitigen Oberhaut im Zellsafte gelösten roten oder violetten Farbstoff, aber die Zellen des dazwischen befindlichen Gewebes sind vollgestopft von grünen Chlorophyllkörnern. In den unversehrten Blättern ist demnach der äußerlich nicht wahrnehmbare grüne Farbstoff von einem roten bzw. violetten verdeckt.

g) Schutzmittel gegen Zerstörung des Blattgrüns und das verschiedene Lichtbedürfnis der Pflanzen.

Wie Versuch 78 beweist, ist der grüne Pflanzenfarbstoff gegen grelles Licht empfindlich. Wir werden daher gewisse Einrichtungen als Schutzmittel der Blätter gegen zu starke Beleuchtung und damit gegen Zerstörung des für die Ernährung der Pflanze so wichtigen Chlorophylls auffassen müssen. Die meisten davon wirken gleichzeitig einer übermäßigen Verdunstung entgegen. Es kommen folgende in Betracht: 1. Teilweise Zurückwerfung des Lichtes an einem glänzenden, firnisartigen Überzug auf der Blattoberfläche (Rotbuche). 2. Dichter Haarüberzug (Königskerze, Wollziest); 3. Wachsüberzug (Schwertlilie); 4. Senkrechte Stellung der Blätter bei zu grellem

Sonnenlichte (Sauerklee, Robinie = falsche Akazie, Gemüsebohne – vgl. Abb. 18); 5. Wanderung der Chlorophyllkörper aus der sogenannten Flächenstellung (an den zur Blattfläche parallelen Wänden der Zellen) in die Seiten- oder Kantenstellung (an den zur Blattfläche senkrechten Wänden der Zellen) bei zu starker Bestrahlung. Vgl. Abb. 19.



Abb. 18. Stellung der Blätter einer Gemüsebohne bei zu starker Bestrahlung.

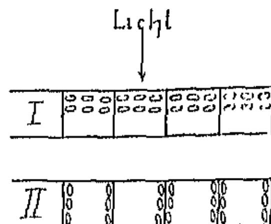


Abb. 19. Lageveränderung der Blattgrünkörper. I: Flächenstellung. II. Seitenwand- oder Kantenstellung.

Die Lageveränderung der Chlorophyllkörper je nach der Stärke der Beleuchtung läßt sich auch schon äußerlich an dem mehr oder weniger tiefen Grün des Blattes erkennen, wie der folgende Versuch zeigt.

82. Arbeit.

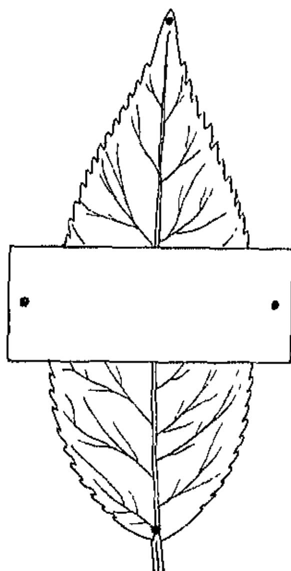


Abb. 20. Wanderung der Blattgrünkörner in einem Fiederblättchen des Holunders

Entnimm einem schattig stehenden Holunderbusch ein gesund aussehendes Fiederblättchen und befestige es mittels zweier Reißzwecken auf einer Unterlage von angefeuchtetem weißem Löschpapier (um das Welken zu verhindern) auf einem Brettchen. Lege quer über das Blättchen einen schwarzen Streifen Papier und zwecke diesen ebenfalls fest (Abb. 20). Setze nun das Ganze direktem Sonnenlichte aus, und zwar so, daß die Strahlen das Blatt senkrecht treffen. Nach 20–30 Minuten wirst du feststellen, daß der unbedeckte Teil der Blattfläche bedeutend bleicher aussieht als der vor dem grellen Sonnenlichte geschützte. Die Ursache ist in der Wanderung der Chlorophyllkörper zu suchen: Letztere haben unter dem Einfluß der ungeschwächten Sonnenstrahlen die im vorigen Abschnitt beschriebene Kantenstellung eingenommen, während sie in den Zellen des dunkel gehaltenen Blatteils ihre ursprüngliche Flächenstellung beibehielten, so daß hier die sattgrüne Farbe sich nicht veränderte.

Die einzelnen Pflanzenarten sind gleichsam auf eine gewisse Lichtstärke

abgestimmt, bei der sie am besten gedeihen. Die einen fühlen sich am wohlsten im Schatten, andere verlangen vollen Genuß des Lichtes, wieder andere vertragen sowohl einen sonnigen als auch einen schattigen Standort. Eine ausgesprochene Schattenpflanze ist der bekannte Sauerklee, der an dunklen Stellen unserer Wälder recht üppig gedeiht. Trifft das Licht für einige Zeit, zum Beispiel bei hohem Sonnenstande am Mittag, die zarten Blätter über ihr Bedürfnis hinaus, so falten sich die vier herzförmigen Einzelblättchen in der Mittelrippe und senken sich abwärts am Hauptstiel entlang. Durch diese Steilstellung der Blätter, wobei die Sonnenstrahlen die Chlorophyllkörner unter einem sehr spitzen Winkel treffen, ist ein wirksamer Schutz gegen die Zerstörung des Blattgrüns gegeben. Für die Dauer erträgt jedoch der Sauerklee grelle Belichtung keinesfalls; er geht zugrunde, wenn die Bäume in seiner Umgebung abgeschlagen werden.

XII. Gelbe, rote und blaue Farbstoffe in Blättern, Blüten und Früchten. — Herbstfärbung des Laubes.

Wenn sich höhere Pflanzen im Dunkeln entwickeln, so werden sie gelblich. In den protoplasmatischen Farbstoffträgern bildet sich dann nämlich kein Blattgrün; dafür entstehen in ihnen aber nadelige oder tafelförmige Kristalle von zwei gelben Farbstoffen: Karotin und Xantophyll. Das Karotin ($C_{40}H_{56}$) ist ein nur aus Kohlenstoff und Wasserstoff bestehender Körper. Das Xantophyll ($C_{40}H_{56}O_2$) ist chemisch dadurch von jenem verschieden, daß es in seinem Molekül noch 2 Atome Sauerstoff enthält.

Von diesen beiden Farbstoffen rührt auch die ausgesprochen gelbe Farbe des Herbstlaubes mancher Gewächse her (Roßkastanie, Linde, Kirsche). Karotin und Xantophyll sind zwar in den grünen Blättern auch während des Sommers vorhanden, aber sie werden verdeckt von dem farbenkräftigeren Blattgrün. Im Herbste hingegen, wenn die nutzbaren Stoffe (Zucker, Stärke, Eiweiß, Öl) usw, in die Früchte und Nahrungsspeicher der Pflanze gewandert sind, wird das Chlorophyll durch Hinzutritt saurer Säfte zerstört, während die gelben Farbstoffe erhalten bleiben.

Die rote Herbstfärbung des Laubes mancher Pflanzen (wilder Wein, Scharlacheiche u. a.) beruht auf dem Vorhandensein eines roten Farbstoffes, der im Zellsaft gelöst ist und den Namen Anthokyan führt. Derselbe Farbstoff findet sich auch in den rotblättrigen Spielarten des Haselnußstrauches, der Buche, des Ahorns, in manchen jungen Eichenblättern, ferner in den Preißelbeeren, Kirschen, roten Rüben usw. In den genannten Gehölzen erfüllt das Anthokyan die Zellen der Oberhaut, und er verdeckt so das Blattgrün in dem darunter liegenden Schwammgewebe. (Vgl. die Arbeit 81.) Außer dem roten gibt es auch noch violettes und blaues Anthokyan, dem das Blattwerk mancher Pflanzen (Rotkohl oder Blaukraut), einige Früchte (Zwetschen, Heidelbeeren) sowie viele Blüten (Veilchen, Kornblume, Immergrün, Wiesensalbei) ihre Farbe verdanken. Der blaue Farbstoff geht vielfach leicht in roten über und umgekehrt (Natternkopf, Wiesensalbei, Vergißmeinnicht, Leberblume, Frühlings-Walderve).

Die gelben und orangenen Töne vieler Blüten und einiger Früchte sind zumeist auf feste Farbstoffe in Kristallform zurückzuführen, die in eine protoplasmatische Grundmasse eingebettet sind (Löwenzahn, Kapuzinerkresse, Goldregen, Mohrrübe).

In den Zellen weißer Blumenblätter und Früchte (weiße Lilie, Wucherblume, Narzisse, Birnblüte, Schneebeere) finden sich höchstens sehr kleine, farblose Körperchen (Leukoplasten). Das Aussehen dieser Pflanzenteile beruht zumeist auf den zahlreichen Brechungen des Lichtes an den Grenzflächen zwischen den saftgefüllten Zellen und den lufthaltigen Zwischenzellräumen (vgl. die weiße Farbe von Schaum und Schnee).

XIII. Die aufsteigende Saftbewegung in der Pflanze.

1. Notwendigkeit des Wassers für die Nährsalzzufuhr und die Assimilation.

In der Pflanze muß ein ununterbrochener Wasserstrom von den Saughärchen der Wurzeln in das Innere der Blattzellen gerichtet sein, um letzteren die hier zur chemischen Verarbeitung gelangenden Nährsalze in gelöster Form zuzuführen. Stockt diese Wasserzufuhr, so kann auch keine Assimilation stattfinden, denn zur Bildung von Stärke ist außer der Kohlensäure der Luft unbedingt Wasser erforderlich. Ferner beruht auf der Wasserdurchtränkung zum großen Teil die Aussteifung des Blattgewebes, das nur in straffem Zustand und in ausgebreiteter Lage genügende Berührung mit der Luft hat und dadurch fähig ist, hinreichend Kohlensäure und Licht aufzunehmen. Ein schlaffes, wasserarmes Blatt verrichtet seine assimilatorische Aufgabe nur unvollkommen, ein welkes überhaupt nicht.

2. Die Wasserleitungsbahnen (Gefäßbündel).



Abb. 21 Querschnitt aus dem oberirdischen Stengel der Kartoffelpflanze.

83. Arbeit.

Zerreiße den Blattstiel vom großen Wegerich. Aus der Rißstelle hängt dann eine Anzahl hohler Stränge heraus, in denen du die wasserleitenden Gefäßbündel vor dir hast. In der Blattfläche setzen sie sich als sogenannte Rippen oder Adern fort.

84. Arbeit.

Durchschneide den Stengel einer älteren Sonnenblume. Zwischen dem weißen Mark und der grünen Rinde erkennst du schon mit bloßem Auge einen Ring von rundlichen Flecken. Es sind die Querschnitte der Gefäßbündel, die den Stengel der Länge nach durchziehen. — Dieselbe Anordnung der

Gefäßbündel findest du in allen zweikeimblättrigen Pflanzen, zu denen ja die Sonnenblume gehört. Untersuche zum Beispiel auch einen Kartoffel-, Gartensalat- oder Kürbisstengel daraufhin (Abb. 21 u. 22).

85. Arbeit.

Durchschneide den Stengel einer Tulpe. Auf dem Querschnitt sind die Gefäßbündelstränge nicht in einem zum Umfang parallelen Kreise, sondern über die ganze Fläche unregelmäßig verteilt. So ist es auch bei allen Gräsern (zum Beispiel beim Mais, Roggen usw.) und den übrigen einkeimblättrigen Gewächsen.

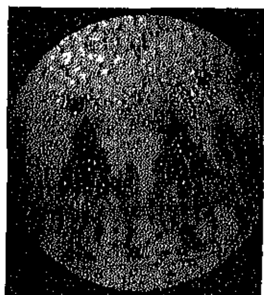


Abb. 22. Querschnitt vom Stengel des Gartensalats. (Reproduktion einer Mikrophotographie.)

86. Arbeit.

Mikroskopiere zarte Querschnitte von dünnen Stengelteilen der Sonnenblume, des Kürbis, des Pfeifenstrauches (einer großblättrigen, beliebten Schlingpflanze an Lauben und Hauswänden), der Maispflanze, der Tulpe oder aus einem Kartoffelkeim, nachdem du die Präparate zuerst mit einem Tropfen Salzsäure und nach dem Eintrocknen derselben mit Phloroglucinlösung betupft hast. In allen Fällen heben sich die wasserleitenden Gefäßröhren als weite Hohlräume aus dem Bilde heraus, deren dicke Wandungen unter Einwirkung der benutzten Flüssigkeiten rot gefärbt sind und dadurch zu erkennen geben, daß sie aus Holzstoff bestehen. (Nimm auch einen Parallelversuch vor, indem du einen Holzspan und Zeitungspapier [Holzstoff] mit den genannten Chemikalien bestreichst.)

3. Aufstieg einer Farbstofflösung in der Pflanze.

87. Arbeit.

Grabe eine junge Sonnenblume aus dem Boden, biege den Stengel, ohne ihn zu zerreißen, in eine Schüssel, die mit Eosinlösung[1]) gefüllt ist, und schneide ihn möglichst weit unten glatt durch. Läßt du den Sproß einige Zeit in der Lösung stehen, am besten in der Sonne, so erscheinen die Blattadern rot, desgleichen auch auf Querschnitten des Stengels die in einem Kreise angeordneten Holzröhren der Gefäßbündel. Diese sind demnach die Wasserbahnen in der Pflanze. – Das Abschneiden innerhalb der Farblösung muß deshalb erfolgen, damit nicht von außen her Luft in die Gefäße eindringt und der Flüssigkeit den Weg versperrt.

88. Arbeit.

Benutze zu einem ähnlichen Versuch einen Tulpenstengel mit weißer Blüte (die Adern der letzteren färben sich rot), eine Topfpflanze der Balsamine (wegen der Durchsichtigkeit des Stengels kannst du das Aufsteigen der

[1]) Eosin, ein Teerfarbstoff, ist als rotes Pulver in der Drogerie käuflich. In 25 Teilen Wasser gelöst, gibt es rote Tinte.

Farblösung sehr deutlich verfolgen), ferner Salomonssiegel, eine Stangenbohne oder einen längeren Sproß des windenden Pfeifenkrautes. Auch mit einem Zweig der Linde und anderer Bäume gelingt der Versuch, wenn er vor dem Einbringen in die Eosinlösung erst einige Stunden in Wasser gestanden hat.

4. Nichtbeteiligung der Rinde an der Wasserleitung. -- Ringelungsversuch.

89. Arbeit.

Entferne vom Aste einer Birke, rotblühenden Roßkastanie, Weide, Linde oder eines Fliederstrauches einen etwa 5 cm breiten Rindenring derart, daß der Holzkörper unverletzt bleibt, und umwickele die geschälte Stelle zum Schutz gegen Austrocknung mit Stanniol oder einem Papierstreifen, der festzukleben ist. Der Ast selbst ist im Zusammenhang mit dem Baum bzw. Strauch zu lassen. Da die oberhalb des Rindenschnittes befindlichen Sproßteile grün bleiben, ist der Schluß berechtigt, daß die Rinde nicht als Leitungsbahn für den aufsteigenden Saftstrom in Betracht kommt.

5. Beweglichkeit des Wassers im Holze.

90. Arbeit.

Bringe auf die Querschnittsfläche eines senkrecht gehaltenen frischen, 10–20 cm langen Aststückes der Tanne oder eines anderen Nadelbaumes, nachdem es 12 Stunden in Wasser gelegen hat und dann gut abgetrocknet worden ist, eine Wasserschicht. Sie sinkt sofort ein, und bald tritt aus der unteren Schnittfläche eine fast gleiche Wassermenge heraus.

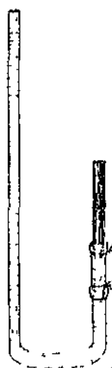


Abb. 23. Nachweis der Beweglichkeit des Wassers im Holz.

91. Arbeit.

Befestige ein frisches, etwa 20 cm langes und entrindetes Aststück der Eibe (Taxus) mittels eines Gummischlauches über dem kurzen Schenkel einer U-förmig gebogenen Glasröhre und fülle den langen Schenkel voll Wasser (Abb. 23). Es dringt eine beträchtliche Menge davon in das Aststück ein, und es treten auf der freien Schnittfläche aus dem äußeren Holzmantel (Splint- oder Frühholz) Wassertröpfchen heraus. Das Wasser bewegt sich demnach im Splintteil des Holzkörpers.

6. Die Ursachen der Saftbewegung.

Als Ursachen der aufsteigenden Saftbewegung kommt eine ganze Reihe von gemeinsam wirkenden Kräften in Betracht, nämlich die chemische Arbeitsleistung der Wurzeln, die Haarröhrchenanziehung

(von untergeordneter Bedeutung), der sogenannte **Wurzeldruck**, die **Osmose** und die **Verdunstung oder Transpiration** seitens der Blätter. Im folgenden sollen sie eingehender behandelt werden.

a) Die chemische Arbeitsleistung der Wurzeln.

92. Arbeit.

Beschicke einen kleinen Blumentopf bis zur Hälfte mit feuchten Sägespänen, lege auf letztere eine oben polierte und sauber abgewischte Marmorplatte vom Durchmesser der Topfmitte, fülle dann das Gefäß bis zum Rande mit Sägespänen und lasse darin einen Bohnensamen, ein Getreide- oder Maiskorn keimen. Das Keimbett ist immer feucht zu halten. Untersuche nach einigen Wochen die Marmorplatte: Du findest auf der polierten Fläche eingegrabene Spuren, die ein genaues Bild von dem Verlauf der Wurzeln geben. Während diese über die Platte hinliefen, schieden ihre Saughärchen saure Säfte aus, durch die der Marmor (kohlensaurer Kalk) örtlich zerfressen wurde. Durch diese chemische Arbeit haben sich die Wurzeln eine von ihnen aufsaugbare Nährlösung bereitet. – Nach gewissenhaften Untersuchungen ist der von den Wurzelhaaren ausgeschiedene Saft eine ätzende, saure Flüssigkeit, die neben einfach-phosphorsaurem Kalium vor allem Kohlensäure enthält.

93. Arbeit.

Überzeuge dich von dem sauren Charakter dieses Saftes dadurch, daß du eine frische, noch im Wachstum begriffene Wurzel mit blauem Lackmuspapier umgibst. Es wird von dem Haarpelz an den Berührungsstellen rot gefärbt. Wenn du statt des Lackmuspapiers einen Streifen Fließpapier verwendest, der mit geröteter Phenolphthaleinlösung[1]) getränkt ist, so wird diese entfärbt, ein Zeichen der Gegenwart von Kohlensäure.

b) Der Wurzel- oder Blutungsdruck.

94. Arbeit.

Schneide eine kräftige, saftreiche Pflanze (Sonnenblume, Ricinus, Kartoffel, Kürbis oder Weinrebe) dicht über dem Boden ab (sie kann auch im Blumentopfe gezogen sein) und befestige auf dem Stengelstumpf mittels eines dichtsitzenden Gummischlauches und Bindfadens eine lange, entsprechend weite Glasröhre, die an einen danebengesteckten Stab gebunden wird. Fülle etwas Wasser in die Röhre und kennzeichne seine Höhe durch einen Streifen Klebpapier oder einen umgebundenen Faden (Abb. 21). Hältst du die Erde feucht, so vermehrt sich das Wasser in der Glasröhre bei genügender Wärme oft tagelang durch Austreten von Pflanzensaft. Da dies ohne die saugende Wirkung der

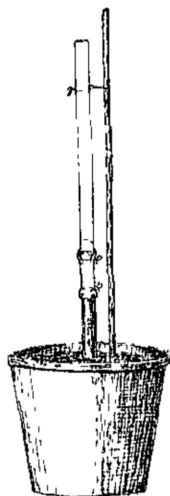


Abb. 21. Nachweis des Wurzeldruckes.

[1]) Phenolphthaleinlösung ist eine wasserhelle Flüssigkeit, die durch eine Lauge oder Salmiakgeist (Ammoniakwasser) rot gefärbt wird.

Blätter, also unter Ausschluß der Verdunstung geschieht, so ist daraus der Schluß zu ziehen, daß eine andere Kraft wirksam ist, die das von den Wurzelhaaren aus dem Boden aufgenommene Wasser durch die Gefäßbündel des Stengels preßt. Man bezeichnet sie als Wurzeldruck oder Blutungsdruck[1]).

95. Arbeit.

Bohre im Frühjahr, kurz vor dem Laubausbruch, in den Stamm einer Birke etwa 40 cm über dem Boden ein 5–10 cm tiefes Loch, stecke den einen Schenkel einer rechtwinklig gebogenen Glasröhre von entsprechender Weite hinein und sorge durch Anwendung von Glaserkitt (mit Terpentinöl zu erweichen) oder Siegellack für gute Abdichtung. Der freie Schenkel der Glasröhre ist in eine Flasche einzuführen, die nicht luftdicht verschlossen wird durch einen Kork, der neben der Durchbohrung für die Röhre noch eine zweite Durchbohrung zum Entweichen der Luft enthält.

Im Laufe der Nacht und des Vormittags tritt je nach dem Alter des Baumes bis zu ein Liter Saft aus dem Stamm. Nachmittags findet kein Ausfluß statt. Der Birkensaft schmeckt süßlich, weil er Rohrzucker enthält. Er läßt sich auch zu „Birkenwein" vergären.

96. Arbeit.

Erhitzest du in einem Probierglas etwas Birkensaft, so scheidet sich Eiweiß (Albumin) in Flocken aus, das in der Flüssigkeit gelöst war.

c) Die Osmose (Saftaustausch zwischen benachbarten Zellen).

97. Arbeit.

Überbinde einen kleinen Lampenzylinder an der weiten Mündung sehr fest mit Pergamentpapier oder mit einer Tierblase im angefeuchteten Zustande und fülle ihn mit einer Lösung von viel Kochsalz, Zucker oder Kupfervitriol (blau). Verschließe die enge Mündung mit einem gut sitzenden Kork, durch den eine längere, enge Glasröhre gesteckt ist. Tauche den Zylinder vollständig in reines Wasser, mit dem ein Trink- oder Becherglas gefüllt ist, und halte ihn in dieser Stellung mit Hilfe eines Klemmständers fest. (Wenn ein sogenannter Glockentrichter zur Verfügung steht, benutze ihn für diesen Versuch entsprechend Abb. 25.) Du wirst ein Aufsteigen von Flüssigkeit in der Glasröhre beobachten. Ursache: Die konzentriertere Flüssigkeit in dem Zylinder hat durch die pflanzliche bzw. tierische Haut hindurch Wasser angezogen.

Man nennt diesen Vorgang Osmose. Er vollzieht sich auch in den Pflanzen zwischen benachbarten Zellen (bei dem beschriebenen Versuch vertreten durch den Zylinder und das Becherglas) durch die Zellwand hindurch,

[1]) Eine 2½ Monate alte Sonnenblumenpflanze lieferte bei einem derartigen Versuch in 24 Stunden 20 ccm Saft (Lufttemperatur 17—18°). — Der Wurzeldruck ist auch die Ursache, daß nach dem Absägen eines Baumes aus dem in der Erde verbleibenden Stumpfe noch lange Zeit Saft herausquillt. Weinreben bluten im Frühjahr kurz vor der Blattentfaltung außerordentlich stark, und zwar noch in einer Höhe von 10 m und mehr, wie sich beim Anschneiden feststellen läßt. Der durch den Blutungsdruck emporgetriebene Saft begünstigt die Schwellung und Entfaltung der Knospen.

wenn der Zellsaft in beiden verschieden konzentriert ist. Da nun die Zellen des Blattgewebes eine starke Lösung von allerlei Stoffen, wie Zucker, Säuren und Mineralsalzen enthalten, so muß diese den weniger konzentrierten Zellsaft aus den nach der Wurzel zu befindlichen Pflanzenteilen kräftig anziehen.

Das von der Wurzel aufgenommene Wasser enthält nämlich kaum mehr gelöste Nährsalze als gutes Trinkwasser. Da aber ständig ein Teil davon durch die Verdunstung verloren geht, so wird die Nährlösung in den Blättern verstärkt. Sobald dies in irgendeiner Zelle geschieht, erfolgt nach dem Gesetze der Osmose sofort ein Nachrücken des weniger konzentrierten Zellsaftes aus den Nachbarzellen. Dadurch wird auch deren Saft verstärkt, und sie entziehen nun ihrerseits den weiter rückwärts liegenden Nachbarinnen gleichfalls Wasser. Derselbe osmotische Vorgang, der innerhalb der Pflanze eine Wanderung der gelösten Stoffe von Zelle zu Zelle hervorruft, kommt nun auch zwischen den feuchten Bodenteilchen und den Wurzelzellen zur Geltung.

So ist jedenfalls das gemeinsame Wirken von Verdunstung und Osmose die Hauptursache dafür, daß jeder einzelnen Zellwerkstatt Wasser und Nährsalze zugeleitet werden.

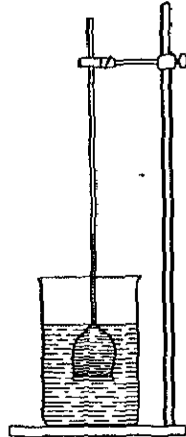


Abb 25. Osmose-Versuch

d) Die Verdunstung (Transpiration).

Die Verdunstung seitens der Blätter ist eine für den Stoffwechsel aller Gewächse höchst wichtige Lebenserscheinung. Sie greift insofern fördernd in die Wasserdurchströmung und damit in die Ernährung des Pflanzenkörpers ein, als sie gewissermaßen eine saugende, von der Osmose unterstützte Wirkung auf den Saft ausübt, die von den Blättern aus rückwärts schreitet durch Zweige, Stengel und Wurzeln. Verdunstet wird nur Wasser, das seinen Nährstoffgehalt in den Pflanzenzellen abgegeben, also seinen Dienst als Transportmittel für die Nährsalze geleistet hat. Es ist nunmehr chemisch rein und tritt in Dampfform aus dem Blatte heraus. Stockt die Verdunstung, so werden letzterem auch keine Nahrstoffe zur chemischen Umwandlung in Bau- und Reservestoffe zugeführt[1].

98. Arbeit.

Lege frisch abgeschnittene Laubsprosse (beblätterte Stengel oder Zweige) unter ein umgestülptes Glasgefäß. An den Wänden macht sich bald ein feuchter Niederschlag bemerkbar. Es muß demnach aus den Pflanzenteilen Wasserdampf entweichen, der sich an der Glaswand zu feinen Tröpfchen verdichtet.

[1]) Höhnel hat festgestellt, daß eine freistehende Birke mit etwa 200000 Blättern an einem heißen Tage 300—400 Liter, im Tagesdurchschnitt 60—70 Liter Wasser zur Verdunstung bringt. Eine erwachsene Sonnenblume verdunstet täglich rund 1 Liter Wasser, ein Morgen (etwa 25 a) in 4 Monaten 2 Millionen Liter, ein Hektar Buchenwald im Durchschnitt täglich 30000 Liter. Auf je 100 g Blattmasse berechnet, verbraucht die Rotbuche vom Frühjahr bis zum Herbst 75 Liter, die Tanne jährlich nur 7 Liter Wasser

99. Arbeit.

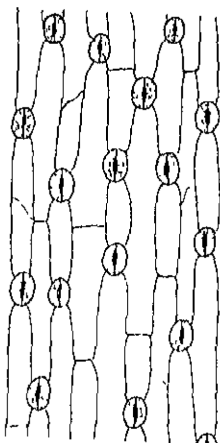
Stelle einen belaubten Linden-, Birken-, Weiden- oder Fliederzweig in ein enges Glasgefäß, das bis zu einer bestimmten Marke mit Wasser gefüllt ist, und bringe auf letzteres eine Schicht Öl. Dieses verhindert das Verdunsten des Wassers an der Oberfläche. Trotzdem nimmt die Flüssigkeit ganz merklich ab. Das Schwinden kann nur darauf zurückgeführt werden, daß die Blätter Wasser durch Verdunstung verlieren und neues nachsaugen.

e) Die Spaltöffnungen der Blätter als Verdunstungsapparate.

Die letzten drei Versuche haben den Beweis erbracht, daß beblätterte Sprosse verdunsten (transpirieren), d. h. Wasser in Dampfform ausscheiden. Nun sind aber, abgesehen von den untergetauchten Wasserpflanzen, die Außenwände der Blattoberhautzellen selbst gar nicht oder nur in geringem Maße für Wasserdampf durchlässig, zumal wenn sie, wie dies bei vielen Pflanzen der Fall ist, mit einer Wachsschicht (Schwertlilie, Porree, Narzisse, Tulpe, Raps, Kohlarten, Kapuzinerkresse, Schneebeere) oder mit einem glänzenden, firnisartigen Überzug (Birne, Rotbuche, Kirschlorbeer, Mahonie, Efeu) versehen sind. In den allermeisten Fällen erfolgt der Austritt von Wasserdampf durch besondere Spaltöffnungsapparate, die in der Oberhaut der Laubblätter in erstaunlich hoher Zahl vorhanden sind und durch eine sinnreiche Einrichtung auch die Stärke der Verdunstung dem Wassergehalt der Pflanze und den Feuchtigkeitsverhältnissen der Außenluft anzupassen vermögen. Über diese Spaltöffnungsapparate unterrichten die folgenden Arbeiten.

100. Arbeit.

Ziehe von einem Blatte, nachdem du an einer Stelle mit dem Messer einen ganz flachen Einschnitt senkrecht zur Fläche ausgeführt hast, die farblose, durchscheinende Oberhaut ab, und zwar je einen Streifen von der Blattunterseite und der Blattoberseite. Sehr leicht gewinnst du derartige Oberhautstreifen von steifblättrigen Pflanzen, zum Beispiel von der Narzisse, Hyazinthe, Tulpe oder Schwertlilie.


Abb. 26. Ein Stück Oberhaut vom Blatt der Schwertlilie mit Spaltöffnungen.

Bringe nun je einen ober- und unterseitigen Oberhautstreifen von demselben Blatte auf den Objektträger in einen Wassertropfen, belege das Präparat mit einem Deckgläschen und mikroskopiere (Abb. 26).

Es treten dir zwischen den gewöhnlichen, farblosen Oberhautzellen, die bei den verschiedenen Blättern im Aufriß gerad- oder krummlinig begrenzt sind, eine Menge von blattgrünhaltigen Zellpaaren (Schließzellen) entgegen, die nach Gestalt und Anordnung an ein Paar auf einem Teller liegende Siedewürstchen erinnern. Sie umschließen je einen spindelförmigen bis ovalen Hohlraum, der im Mikroskop meistens schwarz erscheint, weil er mit

Luft gefüllt ist. Diese Poren werden Spaltöffnungen genannt. Sie sind die Austrittsstellen des Wasserdampfes, und durch sie findet auch gleichzeitig der Gasaustausch bei der Atmung und der Assimilation statt.

Die Spaltöffnungen besitzen zwar nur eine Weite von wenigen Zehntausendstel Millimetern, aber wegen ihrer ungeheuren Zahl wird eine große Gesamtwirkung erzielt.

101. Arbeit.

Prüfe durch mikroskopische Untersuchungen folgende Angaben nach: Wie bei den Blättern der Gemüsebohne, so liegen auch die Spaltöffnungen bei denen der Rotbuche, des Birnbaums, Ahorns, Oleanders, Efeus, Sauerklees, empfindlichen Springkrauts und anderer Pflanzen nur an der Unterseite. Auf beide Blattseiten verteilt, und zwar auf der Unterseite in weit größerer Zahl, sind die Spaltöffnungen zum Beispiel bei der einjährigen Sonnenblume, der Sumpfdotterblume, dem Gemüsekohl, Buschwindröschen und breitblättrigem Knabenkraut. Ausschließlich an der Oberseite befinden sich die Spaltöffnungen bei den Blättern der Seerose und anderen schwimmenden Wasserpflanzen [1].

102. Arbeit.

Um zu erforschen, auf welcher Blattseite Spaltöffnungen vorhanden sind, empfiehlt sich auch die Anwendung der von Professor Stahl in Jena († 1920) erdachten sogenannten Kobaltprobe. Diese wird folgendermaßen ausgeführt: Tränke ein Stück Fließpapier in Oktavblattgröße mit 5prozentiger Kobaltchlorürlösung, einer schwach rosaroten Flüssigkeit, und trockene es dann vollständig, wobei es eine himmelblaue Farbe annimmt. Falte das Papier in diesem Zustande einmal zusammen, lege ein Birnbaum- oder Efeublatt dazwischen, bringe das Ganze zwischen zwei Glasplatten unter eine Glasglocke und lasse die Sonne einige Zeit darauf scheinen. Auf der Papierhälfte, die der Unterseite des Pflanzenblattes anlag, zeigt sich dann ein getreues Abbild des letzteren in rosaroter Farbe. Diese Veränderung tritt deshalb ein, weil aus den Spaltöffnungen der Blattunterseite Wasser verdunstet. Die Blattoberseite bewirkt keinen Farbenumschlag; sie besitzt demnach keine Spaltöffnungen. Welche Erscheinung wird eintreten, wenn du denselben Versuch mit einem Blatt der Sonnenblume vornimmst? (Siehe Fußbemerkung.)

Von großer Bedeutung ist der Umstand, daß die Stärke der Verdunstung bis zu einem gewissen Grade durch den Spaltöffnungsapparat geregelt werden kann. Die beiden Schließzellen, die den

[1] Der Verfasser stellte auf 1 qmm der unterseitigen Oberhaut eines Gemüsebohnenblattes etwa 500 Spaltöffnungen fest. Nach Weiß beträgt die Anzahl der Spaltöffnungen auf 1 qmm Blattfläche

beim Spitzahorn	an der Oberseite	0,	an der Unterseite	550,
„ Gemüsekohl	„ „ „	219,	„ „ „	301,
„ breitblättrigen Knabenkraut	„ „ „	20,	„ „ „	67,
bei der Sonnenblume	„ „ „	175,	„ „ „	325,
„ „ weißen Seerose	„ „ „	460,	„ „ „	0.

Ein mittelgroßes Kohlblatt besitzt ungefähr 11 Millionen, das einer Sonnenblume 13 Millionen Spaltöffnungen.

Spalt umgeben, verändern nämlich bei reichlichem Wassergehalt des Blattes und feuchter Luft ihre Form und Lage so, daß die Öffnung erweitert wird; sie rücken aber aneinander und verengern somit die Spaltöffnung bei Wassermangel und trockener Luft.

XIV. Die Stickstoffversorgung der Pflanze.

1. Bedeutung des Stickstoffs für das Leben der Pflanze.

Es ist bereits darauf hingewiesen worden, daß die Grundmasse des Zellprotoplasmas und des Zellkerns, dieser beiden Lebensträger und Wachstumsvermittler des Pflanzenleibes, aus Eiweiß besteht, und daß sich in den Blättern ein Teil der bei der Assimilation erzeugten Stärke ständig weiter in Eiweiß verwandelt, das in die Samen, Knollen und anderen Nahrungsspeicher wandert, um hier von dem erwachenden Keimling bzw. den neu zum Austrieb gelangenden Sprossen als erstes Nahrungs- und Baumaterial verwendet zu werden. Mithin spielt das Eiweiß im Leben der Pflanze eine höchst wichtige Rolle. Nun ist aber die Bildung von Eiweiß unmöglich ohne Stickstoff, denn dieser gehört neben Kohlenstoff, Wasserstoff, Sauerstoff und Schwefel (in einigen Fällen auch Phosphor) zu seinen chemischen Grundbestandteilen. Daher soll uns im folgenden die Frage beschäftigen, woher die Pflanze den Stickstoff schöpft.

2. Nichtverwertung des Luftstickstoffes.

Es läge wohl am nächsten, daß als Stickstoffquelle allgemein die atmosphärische Luft in Betracht käme, denn diese ist ungeheuer reich an gasförmigem Stickstoff (N); enthält sie doch nahezu vier Fünftel (genauer 78,35 %) Raumprozent davon, d. h. in 1 cbm befinden sich gegen 800 l N oder, da 1 l bei 0° und 760 mm Barometerstand 1,25 g wiegt, rund 1 kg. Nun hat aber die Forschung festgestellt, daß die höheren Pflanzen mit wenig Ausnahmen den elementaren Stickstoff der freien Luft nicht unmittelbar verwerten. Sie nehmen ihn nicht ebenso durch die Spaltöffnungen der Blätter auf wie die Kohlensäure bei der Assimilation und den Sauerstoff bei der Atmung

3. Ausnutzung stickstoffhaltiger Bodensalze.

Die höheren Pflanzen verwerten in den allermeisten Fällen nur stickstoffhaltige Verbindungen, die sich im Bodenwasser gelöst vorfinden. Als solche gelten salpetersaure Salze (Nitrate) und zuweilen auch Ammoniaksalze[1]); letztere werden zum Beispiel von Kartoffeln, Hafer und Gerste aufgenommen.

[1]) Gasförmiges Ammoniak NH_3, eine Verbindung von Stickstoff mit Wasserstoff, entsteht überall da, wo sich stickstoffhaltige organische Körper zersetzen und verwesen (Pferdestall, Düngerstätten, Komposthaufen, Pflanzenreste enthaltender oder mit natürlichem Dünger versehener Boden). Was davon in die Luft entweicht, wird mit dem Regen dem Erdreich zugeführt. Hier erfährt es unter Mitwirkung gewisser Bakterien (Nitrobakterien) eine Umwandlung zunächst zu salpetriger Säure, dann zu Salpetersäure. Diese vereinigt sich weiter chemisch mit den Bodenmineralien zu salpetersauren Salzen, zum Beispiel Kalksalpeter, Kalisalpeter, Natronsalpeter usw., die sich leicht im Bodenwasser lösen und so von den Pflanzenwurzeln aufgenommen werdn können.

Die Gegenwart von Salpetersäure bzw. salpetersauren Salzen im Wasser und in der Pflanze läßt sich nach folgenden Anleitungen nachweisen:

103. Arbeit.

Bringe in ein Probierglas 10 ccm konzentrierte Schwefelsäure und löse darin einige Körnchen (es genügen schon 0,05 g) in der Drogerie käufliches Diphenylamin, ein aus Teerbestandteilen dargestelltes weißes Salz. Schichte mit Hilfe einer Glasröhre etwa 20 Tropfen Sumpfwasser, Teichwasser oder solches Wasser darauf, das durch Abflüsse aus einer Düngerstätte (Dorfgräben!) verunreinigt ist. Macht sich an der Berührungsfläche beider Flüssigkeiten ein blauer Ring bemerkbar, so ist auf das Vorhandensein von Salpetersäure bzw. Salzen derselben in dem untersuchten Wasser zu schließen. — Führe einen Parallelversuch mit verdünnter Salpetersäure aus.

104. Arbeit.

Lege Schnitte aus einem Holunderzweig und aus dem Stengel von Senfkeimlingen, die eben die ersten Blättchen entfaltet haben, auf einen Teller und versehe sie mit einem Tropfen der für den vorigen Versuch bereiteten Diphenylaminlösung. Blaufärbung der Schnitte weist auf Salpetersäure hin.

4. Mittelbare Verwendung des Luftstickstoffes seitens der Schmetterlingsblütler durch Lebensgemeinschaft mit Wurzelbakterien.

In bezug auf die Versorgung mit Stickstoff verhalten sich die Schmetterlingsblütler oder Hülsenfrüchtler (Leguminosen, wie Erbse, Bohne, Saubohne, Pferdebohne, Linse, Lupine, Wicke, Klee, Esparsette, Luzerne, Goldregen, Erbsenstrauch, Blasenstrauch, falsche Akazie usw.) den anderen höheren Pflanzen gegenüber in eigentümlicher Weise: Sie verwerten den elementaren Stickstoff der Luft durch das Zusammenleben mit gewissen Bodenbakterien.

105. Arbeit.

Ziehe eine ältere der genannten Pflanzen aus dem Boden und spüle die Wurzeln ab, ohne sie zwischen den Fingern durchzuziehen. Es haften eigenartige gelbliche Knöllchen von der Größe eines Stecknadelkopfes bis zu einer Erbse an ihnen (Abb. 27). Am größten und zahlreichsten findest du sie bei der Lupine. Beim Mikroskopieren eines zarten Querschnittes mit etwa 500facher Vergrößerung zeigen sich in dem Knöllchengewebe wasserhelle, verzweigte Fäden, die von Zelle zu Zelle wachsen. Es sind Schläuche, in denen Bakterien einwandern. Diesen Bakterien verdanken die Knöllchen ihre Entstehung. Es sind Spaltpilze aus dem Formenkreise Bacillus radicicola[1], die nur im Erdboden leben und sich mit Schmetterlingsblütlern vergesellschaften, indem sie durch die Saughaare eindringen und bis unter die Wurzelrinde vordringen. Wie nun an einem Eichenblatte, in das eine Gallwespe ein Ei gelegt hat, der verursachte Reiz örtlich eine rasche Zell-

[1] radix — Wurzel

teilung zur Folge hat, wodurch eine als Galle bezeichnete Gewebewucherung entsteht, so kommen auch die knöllchenförmigen Anschwellungen an den Wurzeln zustande, wenn Bakterien in diese einwandern. Letztere vermehren sich in den Zellen durch fortgesetzte Spaltung rasch zu einer Kolonie, wobei sich die ursprünglich stäbchenförmigen Lebewesen zum Teil zu T- und Y-förmigen Gebilden umwandeln. Schließlich verfallen sie zu einem eiweißreichen Schleim. Früher glaubte man, die Wirtspflanze würde durch Lebensgemeinschaft mit den Bodenbakterien derartig beeinflußt, daß sie mit den Blättern den elementaren Stickstoff der freien Atmosphäre aufnehmen könnte; jetzt ist aber durch Versuche festgestellt worden, daß der Luftstickstoff seinen Weg nicht durch die Blätter, sondern durch die Bakterienknöllchen nimmt und nur dadurch den Schmetterlingsblütlern Vorteil bringt. Die Wurzelbakterien vermögen nämlich den in der Bodenluft vorhandenen freien Stickstoff zur Bildung von Eiweiß zu verwenden, und dieses kommt der Wirtspflanze mit zugute. Kultiviert man Schmetterlingsblütler in Erde, die durch Auskochen sterilisiert, d. h. frei von lebenden Bakterien gemacht worden ist, so entwickeln sich die Pflanzen nur ganz kümmerlich, und sie erzeugen auch nur kleine, wenig fortpflanzungsfähige Samen. Dieselbe Erscheinung tritt ein, wenn man einen aus dem Boden genommenen, bereits mit Bakterienknöllchen behafteten Schmetterlingsblütler in Wasser weiterwachsen läßt, in dem man alle notwendigen Nährsalze mit Ausschluß der Stickstoffverbindungen aufgelöst hat. Da die Knöllchen von Wasser umgeben sind, das dem Luftstickstoff keinen Zutritt gewährt, sind sie für die Pflanze wertlos.

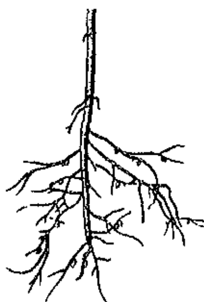


Abb. 27. Bohnenwurzel mit stickstoffsammelnden Bakterienknöllchen.

Bei Aberntung der Hülsenfrüchtler ist ein Teil der Knöllchenbakterien noch unverändert und fortpflanzungsfähig. Diese bleiben mit den Wurzeln im Boden, vermehren sich und gehen später bei der Einsaat neuer Schmetterlingsblütler mit diesen wieder eine Lebensgemeinschaft ein. Was aber inzwischen von den eiweißhaltigen Bakterienleibern abgestorben ist, bereichert bei der Verwesung den Boden mit anorganischen Stickstoffverbindungen, die auch von anderen Pflanzen als Schmetterlingsblütlern ausgenutzt werden. Der Landwirt macht von dieser stickstoffsammelnden und bodenverbessernden Eigenschaft der Bakterienknöllchen schon lange Gebrauch durch die sogenannte Gründüngung[1]) mit Schmetterlingsblütlern.

XV. Nebenprodukte des Stoffwechsels.

Im folgenden soll noch eine Anzahl von Nebenprodukten des Stoffwechsels behandelt werden, denen nicht wie den bisher betrachteten die Bedeutung als Bau- und Reservematerial zukommt, die sich aber doch in der einen oder anderen Art als vorteilhaft für das Leben der Pflanze erweisen.

---

[1]) Ausführliches über Gründüngung bietet zum Beispiel das Buch M. Hoffmann, Düngefibel. Deutsche Landwirtschafts-Gesellschaft, Berlin.

1. Wachs.

Viele Pflanzen erzeugen in geringer Menge Wachs. Aus diesem besteht zum Beispiel der reifartige, glänzende, abwischbare Überzug vieler Blätter (Schwertlilie, Porree, Kohlpflanzen, Kohlrabi, Raps, Tulpe, Heckenkirsche) und Fruchtschalen (Erbse, Apfel, Zwetschen). In diesen Fällen kommt der Wachsschicht die Bedeutung zu, daß sie die Oberhaut der Pflanzenteile undurchlässiger für Wasser und zugleich unbenetzbar macht. Sie hemmt dadurch ganz wesentlich die Verdunstung und hindert die Verstopfung der Spaltöffnungen, so daß auch bei Regen und Tau die Wege für die bei der Assimilation und Atmung ein- und austretenden Gase (Sauerstoff bzw. Kohlensäure) offen gehalten werden. Auch im Blütenstaub der von Insekten bestäubten Pflanzen findet sich Wachs. Letzteres ist wohl ein fettartiger Körper, aber kein eigentliches Fett. Es ist ein Gemisch von verschiedenen, chemisch hochzusammengesetzten Stoffen, die hier nicht genauer beschrieben werden können.

106. Arbeit.

Ziehe ein Blatt einer Schwertlilie, Tulpe, Raps- oder Kohlpflanze an einer Stelle durch die Finger. Der weißliche bis graugrüne Wachsüberzug verschwindet hier. Tauchst du dann das Blatt in Wasser, so glänzt es an den unberührten Teilen silberig. (Vollkommene Zurückwerfung des Lichtes an der Wachshaut.) Beim Herausnehmen erweisen sich nur die von der Wachsschicht befreiten Stellen benetzt, während von den übrigen das Wasser sofort in Tröpfchen abrollt.

2. Nektar (honiggebender Blütensaft).

Der Insektenbesuch in der Blüte sehr vieler Pflanzen hat Einrichtungen entstehen lassen, die zwar der Bestäubung nicht unmittelbar dienen, aber doch eine wichtige Rolle dabei spielen. Die Gäste werden durch einen farbigen Schauapparat und durch weithin duftende Stoffe angelockt; in einigen Fällen wird ihnen reichlich Pollen, in den meisten aber süßer, zuckerhaltiger Saft als Nahrung geboten. Die wissenschaftliche Bezeichnung für letzteren ist Nektar. Er bildet das Rohmaterial für den Honig, der erst im Magen der Biene dadurch entsteht, daß gewisse Verdauungssäfte auf die verschluckte süße Flüssigkeit einwirken. Die in sehr verschiedener Weise ausgebildeten Nektarbehälter der Blüten werden Nektarien genannt.

107. Arbeit.

Untersuche Ende April oder Anfang Mai die geöffneten Blüten der Kaiserkrone. Ihre Nektarbehälter sind auffällig gefärbt und von außergewöhnlicher Ausdehnung. Sie bilden nämlich sechs schneeweiße, fast halbkugelige Näpfchen bis 5 mm Weite, die am Grunde der hängenden Blütenglocke die sechs Staubgefäße in einem Kreise umgeben. In jedem Näpfchen glänzt ein großer Safttropfen. Überzeuge dich von seinem süßen Geschmack. Schneide dann eine Blüte ab, spüle die Nektarien sorgfältig mit reinem Wasser aus und trockne sie mit Fließpapier ab. Bringe nunmehr auf einige Nektarien angefeuchtete Zuckerkörnchen und stülpe über die Blüte,

um sie einige Zeit frisch zu halten, ein Glasgefäß. Bald füllen sich diese Näpfchen wieder mit Saft, während die nicht mit Zucker versorgten trocken bleiben. Was bei diesem Versuch die Zuckerkörnchen leisten, nämlich das Anziehen von Wasser aus dem tiefer liegenden Gewebe der Nektarien (Osmose!), das besorgt unter gewöhnlichen Umständen jener Zucker, in den sich die Oberhaut der Nektardrüsen umwandelt.

108. Arbeit.

Streiche den Safttropfen aus dem Nektarbehälter der Blüte einer Kaiserkrone (vgl. die Arbeit 107) auf einen Objektträger, lege ein Deckglas darauf und betrachte ihn mikroskopisch. Du findest in der Regel, daß eine Anzahl wasserheller, ovaler Gebilde einzeln oder in zusammenhängenden Kolonien in der Flüssigkeit schwimmen. Es sind Hefezellen, durch die der ursprüngliche Rohrzucker des Nektars in Invertzucker, d. i. ein Gemisch von Trauben- und Fruchtzucker, übergeführt wird.

3. Flüchtige (ätherische) Öle als Ursache der Pflanzendüfte.

Wo immer wir an einer Pflanze Geruch wahrnehmen, können wir annehmen, daß sie ein schon bei gewöhnlicher Temperatur leicht verdunstendes (flüchtiges oder ätherisches) Öl erzeugt. Solche riechbaren Stoffe entstehen nicht nur in den Blüten, sondern auch in Blättern, Stengeln, Fruchtschalen, Samen, Wurzeln (Kalmus!), Zwiebeln, ja auch im Holz (Terpentinöl, Kampfer[1])). Eine ganze Reihe von Pflanzenfamilien zeichnet sich durch derartige Stoffwechselprodukte ganz besonders aus, so von den einheimischen die Doldenblütler (Kümmel), Lippenblütler (Pfefferminze), Kreuzblütler (Senf) und Korbblütler (Kamille). In vielen Fällen sind die Entstehungsorte des ätherischen Öls Drüsen, die innerhalb des pflanzlichen Gewebes eingelagert sind oder als Köpfchenhaare die Stengel, Blätter und Blütenkelche oberflächlich besetzen. Das Terpentinöl bildet sich in besonderen Kanälen, von denen Holz, Rinde und Nadeln der Fichten, Kiefern und Lärchen durchzogen sind. Mit den eigentlichen Ölen oder im weiteren Sinne Fetten haben die ätherischen Öle keine chemische Verwandtschaft. Es sind keine einheitlichen Verbindungen, sondern Gemenge von solchen, und zwar enthält die Mehrzahl derselben Kohlenstoff und Wasserstoff (Terpentin-, Zitronen-, Ingwer-, Majoranöl) oder neben diesen beiden Elementen noch Sauerstoff (Dill-, Anis-, Pfefferminz-, Rosen-, Nelkenöl). Einige besitzen außerdem Stickstoff (das Öl der Kapuzinerkresse) oder Schwefel (Senf-, Zwiebel-, Meerrettichöl). Im wesentlichen sind die ätherischen Öle den fetten Ölen gegenüber dadurch ausgezeichnet, daß sie auf Papier keinen bleibenden Fettflecken hinterlassen, daß sie oft einen angenehmen, mitunter aber auch einen widerlichen Geruch verbreiten, meist einen scharfen, brennenden Geschmack besitzen und mit Wasserdampf aus den Pflanzenteilen ausgetrieben werden können.

Viele flüchtige Blütenöle werden technisch in der Duftstoff-, Haaröl- und Pomadenindustrie verwendet, so diejenigen aus Rosen, Veilchen, Maiglöckchen, Reseda, Heliotrop, Jasmin usw. Das echte Kölnische Wasser

[1]) Der Kampfer ist ein stark riechendes flüchtiges Öl, das sich in fester, kristallinischer Masse aus dem ostindischen und japanischen Kampferbaum gewinnen läßt

enthält in seinen feineren Sorten nicht weniger als zehn solcher Pflanzenöle; in einfachster Form stellt es die alkoholische Lösung eines Gemisches von Orangen-, Zitronen-, Bergamott-, Lavendel- und Rosmarinöl dar.

Die Gewinnung der pflanzlichen Riechstoffe geschieht auf die einfachste Weise durch Austreiben derselben mit Wasserdampf aus dem zerkleinerten Pflanzenmaterial. (Aus einem Zentner frischer Rosenblätter gewinnt man höchstens 7–8 g Öl.) Ferner stellt man Auszüge mit Hilfe von Alkohol oder leicht flüchtigen Lösungsmitteln, zum Beispiel Benzin, Äther, Schwefelkohlenstoff, Chloroform usw. her. Auch eine Bindung des Duftes an gewisse Fette und fette Öle wird ermöglicht. Die Schalen der Zitronen, Apfelsinen und Bergamotten geben ihr ätherisches Öl schon beim Auspressen ab.

Eine ganze Reihe wohlriechender Pflanzenstoffe spielt in der Heilkunde eine wichtige Rolle, und zwar nicht nur als Geschmacksverbesserer für Arzneien, sondern auch beispielsweise als Mittel zur Hautreizung (Kamfer, Senföl), Schleimlösung, Beruhigung und Erregung des Herzens usw. Die meisten in der Küche gebrauchten Gewürze verdanken ihr Aroma den ätherischen Ölen dieser Pflanzen bzw. Pflanzenteile (Kümmel-, Senf-, Anis-, Pfefferkörner, Wacholderbeeren, Dill, Petersilie, Majoran, Bohnenkraut, Esdragon, Beifuß, Knoblauch, Lorbeerblätter, Nelken, Zitrone, Muskatnuß, Ingwer, Zimt, Vanille usw.).

Für das Leben der Pflanze selbst ist die Erzeugung von stark riechenden Stoffen nicht bedeutungslos. So dienen die Blumendüfte zur Anlockung der bestäubenden Insekten, und viele Beobachtungen beweisen, daß die Absonderung von ätherischem Öl ein wirksames Schutzmittel der betreffenden Pflanzenteile gegen Tierfraß ist. So bleiben viele Lippenblütler (Thymian, Minzenarten, wilder Dost) und Korbblütler (Kamille), ferner Reiherschnabel, Storchschnabel, Raute, Diptam, durchlöchertes Johanniskraut usw. von Weidetieren, Heuschrecken und Schnecken unberührt. Einen Sperling hat man mit fünf Kümmelkörnern, einen anderen mit zehn Samenkörnern der Engelwurz zu Tode gefüttert.

109. Arbeit.

Halte ein Blättchen des durchlöcherten Johanniskrautes gegen das Licht. Du beobachtest in dem grünen Gewebe zahlreiche durchscheinende Punkte von gelblicher Farbe. Es sind dies kugelige Hohlräume im Blattfüllgewebe, deren Wandzellen (Drüsen) das rötlich-gelbe Johannisöl ausscheiden.

110. Arbeit.

Betrachte mit der Lupe ein Kelchblatt des Wiesensalbeis sowie den Blütenstiel und Kelch des stinkenden Storchschnabels (Ruprechtskraut). Du findest diese Pflanzenteile mit Haaren besetzt, die am Ende kopfig angeschwollen sind, und an den Köpfchen hängen häufig kleine, glänzende Tröpfchen von ätherischem Öl, das beim Salbei angenehm duftet, aber beim Storchschnabel widerlich riecht. Der Geruch macht sich besonders bemerkbar, wenn du die betreffenden Pflanzenteile zwischen den Fingern reibst, weil dabei die Wand der Köpfchen (einzellige Bläschen) platzt und der Inhalt heraustritt.

111. Arbeit.

Mikroskopiere einen Flächen- oder Querschnitt aus dem Blatte des Hopfens, der schwarzen Johannisbeere oder eines stark duftenden Lippen-

blütlers (Thymian, Majoran, Lavendel, Pfefferminze). Auch hier treten dir ätherisches Öl ausscheidende Köpfchen- oder Drüsenhaare entgegen, die sehr kurz gestielt sind und schüsselförmige, mehrzellige Köpfchen tragen.

112. Arbeit.

Fahre mit einem der bei den letzten drei Arbeiten verwendeten Pflanzenteile über eine Glasplatte unter Anwendung von Druck, so daß ein feiner Streifen von ätherischem Öl entsteht. Setze auf die eine Seite des Streifens eine kleine Ackerschnecke und lege auf die andere Seite ein Stückchen Mohrrübe, die ein Leckerbissen für Schnecken ist. Das Tier kriecht darauf zu, zieht aber bei Berührung mit dem Ölstreifen die Fühler ein und überkriecht diesen nicht. Der Geruch ist ihm zuwider. Führe den Versuch auch mit einem käuflichen ätherischen Öl, mit Apfelsinenschale oder Zitronensaft aus.

113. Arbeit.

Setze eine Garten- oder Weinbergschnecke auf stinkenden Storchschnabel (Ruprechtskraut) oder eine Pelargonie und beobachte, wie sie die Fühler bei jeder Berührung mit den Drüsenhaaren, die das widerlich riechende ätherische Geraniumöl ausscheiden, einzieht und Gelegenheit sucht, von dem unangenehmen Ort wegzukommen.

114. Arbeit.

Lasse einige Schnecken in einem luftig bedeckten Glasgefäß einen Tag hungern und lege ihnen dann der Länge nach aufgeschnittene, beblätterte Stengel einer der bei Versuch 111 und 113 verwendeten Pflanzen vor. Sie fressen diese nur an der Schnittfläche an.

115. Arbeit.

Bringe einen Tropfen irgendeines flüchtigen Öls auf ein Blatt Papier und lege dieses zum Trocknen in die Sonne. Der entstandene Fettfleck verschwindet vollständig, weil das ätherische Öl verdunstet.

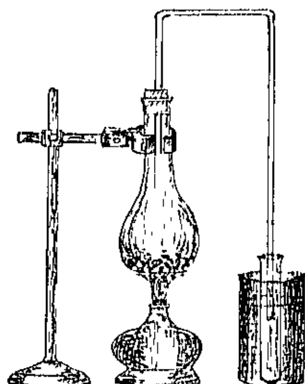


Abb. 28. Vorrichtung zum Abdestillieren von ätherischen Ölen.

116. Arbeit.

Übergieße in einem kleinen Kochfläschchen (Abb. 28) einen Teelöffel voll zerquetschter Kümmelkörner mit der 20fachen Menge Wasser, verschließe das Gefäß mit einem Kork, durch den eine ⊓-förmig gebogene Glasröhre führt, und tauche deren freien Schenkel in ein leeres Probierglas, das in kaltem Wasser steht. Bringe den Inhalt des Kochgefäßes zum Sieden. Mit dem Wasserdampf verflüchtet sich das Kümmelöl, und beide gehen in das zum Auffangen bestimmte Probierglas über. Sie verdichten sich hier infolge der Abkühlung zu Flüssigkeiten. Das Kümmelöl verleiht dem Destillat den Geruch und Geschmack der Kümmelkörner in verstärktem Maße.

117. Arbeit.

Erzeuge dadurch ein kleines Feuerwerk, daß du eine Apfelsinenschale gegen eine davor befindliche Flamme ausdrückst. Das in dem ausgespritzten Saft befindliche ätherische Öl entzündet sich.

4. Terpentin und Harze.

Der durchscheinende, kräftig riechende, klebrige Saft, der von den Stämmen und Zweigen der Nadelhölzer (mit Ausnahme des Taxus) ausgeschieden wird, ist Terpentin. Er bildet ein Gemenge von eingedicktem und flüssigem Terpentinöl ($C_{20}H_{16}$). Letzteres gehört zu den ätherischen Ölen und verbreitet bei seiner Verdunstung den dem Nadelwalde eigentümlichen, erfrischenden Geruch. An der Luft nimmt das Terpentinöl Sauerstoff auf, wobei es sich allmählich zu einer festen, gelb bis braun gefärbten Masse verdickt, die als Hartharz bezeichnet wird. Zu den Hartharzen gehören außer Kiefern-, Fichten-, Tannen- und Lärchenharz auch Kopalharz, Benzoë (Räucherkerzchenmasse), Drachenblut, Mastix, Gummilack (in der Form von Stocklack, Körnerlack und Schellack), Bernstein (ein fossiles Harz) und natürlicher Asphalt. Kolophonium ist bei gelinder Wärme geschmolzenes Fichtenharz. Gewisse wohlriechende Terpentine, die aus Bäumen der heißen Zone ausfließen, bilden die Gruppe der Weichharze oder Balsame (Peru- und Kanadabalsam). Gummiharze, zu denen Weihrauch, Myrrhe und Gummigutt gehören, enthalten außer einem harzigen Bestandteil noch Gummi oder Pflanzenschleim.

Als Federharze bezeichnet man die eingetrockneten elastischen Milchsäfte gewisser ausländischer Pflanzen. Von ihnen sind Kautschuk- und Guttapercha Welthandelsprodukte von großer Bedeutung.

118. Arbeit.

Entzünde einige Tropfen Terpentinöl in einer Porzellanschale und ferner ein Stückchen Hartharz. Sie verbrennen mit sehr stark rußender Flamme.

119. Arbeit.

Übergieße ein Körnchen Kolophonium oder ein Blättchen Schellack mit Spiritus (Alkohol). Sie lösen sich wie alle Hart- und Weichharze darin auf.

120. Arbeit.

Schneide eine Kiefernnadel (am besten von der Österreichischen Schwarzkiefer) quer durch und betrachte die Schnittfläche mit der Lupe. Es tritt aus ihr nach einiger Zeit dicht unter der Oberhaut eine Anzahl von Öltröpfchen hervor. Sie kommen, wie die mikroskopische Untersuchung eines zarten Querschnittes beweist, aus fast kreisförmigen Hohlräumen (Abb. 29), denen je ein Ring von Zellen angelagert ist. Letztere sind die eigentlichen harzsaftausscheidenden Organe. Die Hohlräume (Harzgänge) besorgen die Abfuhr des in den Nadeln gebildeten Öles in das Holz, wo es in klebriges Harz umgewandelt wird.

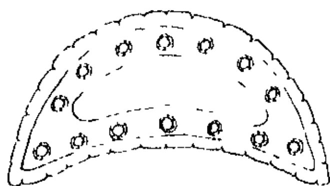


Abb 29. Querschnitt durch eine Nadel der Österreichischen Schwarzkiefer (mit 11 Harzkanälen)

5. Gummi und Pflanzenschleime.

Aus der Rinde der Kirsch- und Zwetschenbäume dringt bei Verwundung eine durchscheinende, zähflüssige Masse hervor, die an der Luft zu glasigen Beulen erhärtet. Die oft gehörte Bezeichnung „Harz" für diesen eingetrockneten Pflanzensaft ist falsch. Denn er ist chemisch ganz anders zusammengesetzt und zeigt auch andere Löslichkeitsverhältnisse. Die Masse besteht zu vier Fünfteln aus Gummi und zu einem Fünftel aus Pflanzenschleim. Während Harz sich nicht in Wasser, wohl aber in Alkohol auflöst, verhält sich dieses Gummi-Schleimgemisch derart, daß es sich in Alkohol nicht löst, in Wasser dagegen erweicht, weil der erste Bestandteil sich vollständig darin auflöst, der zweite wenigstens aufquillt.

121. Arbeit.

Überzeuge dich von dieser Eigenschaft, indem du etwas Kirschgummi vom Baume ablösest und zwischen den Fingern in Wasser knetest.

Als Klebmittel kommt das Arabische Gummi (Gummi arabicum) in den Handel. Es fließt aus mehreren akazienartigen Bäumen namentlich des Senegalgebietes aus.

Mit den Gummiarten sind die Pflanzenschleime nahe verwandt, die mit Wasser zu einer stärkekleisterähnlichen Flüssigkeit aufquellen. Versetzt man eine solche mit Schwefel- oder Salzsäure, so entsteht nach einiger Zeit eine vollkommen klare Lösung, weil sich der Pflanzenschleim in Zucker und Gummi verwandelt. Medizinisch und technisch werden wegen ihres großen Schleimgehaltes benutzt die Blätter der Malven, des Huflattichs, die Samen des Leins, der Quitten, des Flohsamen-Wegerichs (Plantago Psyllium), sowie die fast ganz aus Pflanzenschleim bestehenden Knollen verschiedener Orchideenarten, zum Beispiel des männlichen Knabenkrautes (Orchis mascula) und der Großen Händelwurz (Gymnadénia conopéa); der als Salep bezeichnete Orchideenschleim wird als Arznei- und Klebmittel verwendet. Letzterem Zwecke dient auch der Schleim des Traganths, einer schmetterlingsblütigen Pflanze. Aus den Quittenkernen, Lein-, Gurken- und Kürbissamen tritt der in der Oberhaut vorhandene Schleim bei Berührung mit Wasser leicht aus. Die Kerne fühlen sich dann schlüpfrig an.

122. Arbeit.

Befeuchte Samen der zuletzt genannten Art mit Wasser und überzeuge dich, daß sie nach einiger Zeit zwischen den Fingern kleben.

123. Arbeit.

Wirf etwa zehn Quittenkerne in 1/4 Tassenkopf voll Wasser. Dieses wird nach und nach dickschleimig.

6. Milchsäfte.

124. Arbeit.

Schneide einen Stengel der Wolfsmilch, Schwarzwurz, des Löwenzahns, Lattichs, Mohns oder Schöllkrautes an. Es tritt ein weißer bzw. orangeroter, dicklicher Saft heraus, der an der Luft erhärtet.

Dieser leicht gerinnende sogenannte Milchsaft wird in besonderen Milchsaftgefäßen erzeugt und hat für die Pflanze die Bedeutung als Wundverschlußmittel bei Verletzung des Stengels. Der Milchsaft ist eine Lösung von Gummi, Schleim, Zucker, Eiweiß und Gerbstoff in Wasser, gemengt mit fein verteilten Tropfen von Kautschuk, Fetten, ätherischen Ölen sowie mit Stärke und Harz.

125. Arbeit.

Betrachte ein Tröpfchen Milchsaft einer der genannten Pflanzen mikroskopisch ohne Wasserzusatz. Du wirst darin mehr oder weniger große Mengen Stärkekörner und anderer fester Körperchen finden.

7. Pflanzengallerte in Fruchtsäften als Ursache der Geleebildung.

Der Saft der Johannisbeeren, Himbeeren, unreifen Äpfel und Quitten enthält eine eigentümliche Art von Schleim (Pflanzengallerte oder Pektin), durch den er beim Erkalten nach vorausgegangenem Kochen mit Zucker zu dem bekannten Gelee wird. Beachtenswert ist der Umstand, daß die Gallertbildung der Fruchtsäfte bei zu langem Kochen unterbleibt.

8. Extraktiv- oder Auszugsstoffe.

Außer den behandelten Pflanzenstoffen finden sich noch in gewissen Gewächsen solche von eigentümlichem Geschmack und Geruch sowie eingenommen von eigenartiger Wirkung auf die Herztätigkeit, das Verdauungs- und Nervensystem. So schmecken Wermut, Aloe, Rhabarber, Hopfenzapfen und Enzianwurzel bitter, Pfeffer und Bilsenkraut beißend scharf; Wermut wirkt magenerwärmend, Rhabarber abführend, Eichenrinde zusammenziehend; einige haben eine blut- und nervenaufregende (Kaffeebohnen, Tee), andere wieder eine beruhigende und einschläfernde Wirkung; eine Anzahl der hierher gehörenden Stoffe sind, in größerer Menge dem menschlichen Körper zugeführt, gefährliche Gifte, während sie in geringen Gaben Heilmittel bilden und deshalb medizinisch gebraucht werden. All diese auszugsfähigen und daher unter dem gemeinsamen Namen „Extraktivstoffe" zusammenfaßbaren Pflanzenerzeugnisse sind aus Kohlenstoff, Wasserstoff und Sauerstoff aufgebaut; eine ganze Reihe ist außerdem noch stickstoffhaltig. Eine (übrigens schwankende) Einteilung ist die in Alkaloide oder Pflanzenbasen, Glykoside, Bitterstoffe und Gerbstoffe. Auch viele Farbstoffe sind ihnen anzureihen.

a) Die Alkaloide oder Pflanzenbasen teilen mit den anorganischen Basen die Eigenschaft, daß sie rotes Lackmuspapier bläuen und mit Säuren sich zu Salzen vereinigen. Man nennt sie nach dem lateinischen Namen der Pflanze, der sie entstammen. Zu ihnen gehören die Gifte: Akonitin (im Eisenhut), Atropin (in der Tollkirsche, wirkt pupillenerweiternd), Berberin (in den Zweigen der Berberitze), Kaffein (in den Kaffeebohnen), Chinin (in der Chinarinde), Kokain (in den Kokablättern), Kolchicin (in der Knolle und den Wurzeln der Herbstzeitlose), Koniin (im Schierling), Hyoscyamin (im Bilsenkraut), Morphin (im Opium, dem eingetrockneten Milchsaft der grünen Mohnkapseln), Nikotin (in den Tabakblättern),

Strychnin (im Samen des Brechnußbaumes), Thein (im grünen und schwarzen Tee), Theobromin (in den Kakaobohnen), Veratrin (im schwarzen Germer).

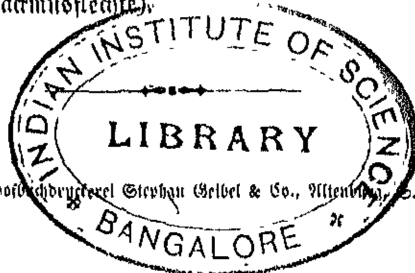
b) **Die Glykoside** sind Extraktivstoffe, die sich durch Säuren, Laugen und Fermente (vgl. Seite 25) in Zucker, namentlich Traubenzucker oder Glykose und in andere Bestandteile spalten lassen. Auch unter ihnen sind **Gifte** (†). Beispiele: Amygdalin † (in den bitteren Mandeln, Zwetschenkernen und Blättern des Kirschlorbeers, zerfällt in Wasser durch einen Gärungsprozeß in Bittermandelöl, die giftige Blausäure und Zucker), Daphnin † (im Seidelbast oder Kellerhals), Digitalin † (im roten Fingerhut), Fraxin (in der Esche), Salicin (in der Weidenrinde), Saponin (in der Wurzel des Seifenkrauts, macht Wasser stark schäumend), Solanin † (in den Kartoffelkeimen und im schwarzen Nachtschatten).

c) **Bitterstoffe** sind die Ursache des bitteren Geschmacks gewisser Pflanzenteile. Beispiele: Aloin (im Aloë), Absinthin (im Wermut), Betulin (in der Birkenrinde), Koniferin (zwischen Holz und Rinde der Nadelhölzer), Gentianin (in der Enzianwurzel), Lupulin (in den Hopfenzapfen).

d) **Gerbstoffe**, die die Eigenschaft besitzen, tierische Haut in Leder zu verwandeln, kommen vor in der Rinde der Fichte, Eiche, Erle, Weide, Birke, in den Galläpfeln der einheimischen, namentlich aber fremdländischer Eichen (Aleppo-Galläpfel, chinesische Galläpfel, Gallen der ungarischen Knoppern-Eiche), in den Zweigen einer indischen Akazie (Katechu) und des Perückenstrauches (Sumach), in den Fruchthülsen eines ausländischen, den Schmetterlingsblütlern nahestehenden Baumes (Divi-Divi) usw. Die Extrakte dieser gerbstofführenden Materialien bilden bedeutsame Handelsartikel.

e) Von den vielen **natürlichen pflanzlichen Farbmaterialien**, die früher, vor der Herstellung künstlicher Farbstoffe aus Steinkohlenteer, eine wichtige Rolle in der Färberei und Malerei spielten, seien erwähnt:

Krapp (aus der Wurzel der Färberröte), Rotholz (Späne des brasilianischen Fernambukbaumes), Safflor (aus den Blüten des wilden Safrans), Alkanawurzel, Sandelholz (von einem ostindischen Baum),	**Rot- und violett-färbende Stoffe.**
Gelbholz (vom westindischen Maulbeerbaum), Querzitron (gepulverte Rinde der nordamerikanischen Färbereiche), Wau (getrocknete wilde Reseda), Curcuma (Wurzel einer amerikanischen Pflanze),	**Gelb-färbende Stoffe.**
Indigo (Blätter und Zweige verschiedener ostindischer und amerikanischer Schmetterlingsblütler), Blau- oder Campecheholz (Kernholz eines amerikanischen Baumes), Lackmus (aus der Lackmusflechte).	**Blau-färbende Stoffe.**



Pierer'sche Hofbuchdruckerei Stephan Geibel & Co., Altenburg, S.-A.